This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Loc 32[illegible]

Harvard College Library

BOUGHT WITH THE INCOME

FROM THE BEQUEST OF

PROF. JOHN FARRAR, LL.D.

AND HIS WIDOW

ELIZA FARRAR

FOR

"BOOKS IN THE DEPARTMENT OF MATHEMATICS, ASTRONOMY, AND NATURAL PHILOSOPHY"

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCH

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE

CXV. BAND. I. HEFT.

JAHRGANG 1906. — JÄNNER.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER M
KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZE
PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE

(MIT 8 TAFELN UND 5 TEXTFIGUREN)

WIEN, 1906.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAA

IN KOMMISSION BEI ALFRED HÖLDER

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Digitized by Google

INHALT

des 1. Heftes, Jänner 1906, des CXV. Bandes, Abteilung I, der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse.

Seite

Beck v. Mannagetta G., Die Umkehrung der Pflanzenregionen in den Dolinen des Karstes. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 95 h — 95 pf] 3

Lorenz L., v., *Gazella Salmi* n. sp. (Mit 2 Textfiguren.) [Preis: 20 h — 20 pf] 21

Richter O., Zur Physiologie der Diatomeen. (I. Mitteilung.) (Mit 6 Tafeln.) [Preis: 3 K 90 h — 3 M 90 pf] 27

Klaptocz B., Ergebnisse der mit Subvention aus der Erbschaft Treitl unternommenen zoologischen Forschungsreise Dr. Franz Werner's in den ägyptischen Sudan und nach Nord-Uganda. Cestoden aus Fischen, aus *Varanus* und *Hyrax*. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 1 K — 1 M] 121

Zikes H., Über geotaktische Bewegungen des *Bacterium Zopfii*. (Mit 3 Textfiguren.) [Preis: 45 h — 45 pf] 145

Preis des ganzen Heftes: 4 K 80 h — 4 M 80 pf.

Digitized by Google

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXV. BAND. I. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Digitized by Google

Digitized by Google

JUL 25 1905

Die Umkehrung der Pflanzenregionen in den Dolinen des Karstes

von

Günther Ritter **Beck v. Mannagetta,**

k. M. k. Akad.

Aus dem botanischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag, Nr. 93 der 2. Reihe.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Jänner 1906.)

Dolinen oder Karsttrichter gehören bekanntlich zur charakteristischen Eigentümlichkeit aller Karstländer. Insbesondere sind sie aber dem Illyrischen Karste eigen, der von den Julischen Alpen längs der Adria bis Albanien reicht. Hier sind nicht nur zahlreiche, sondern auch oft über 100 *m* tiefe Dolinen vorhanden, die freilich, da ihre Entstehung durchaus nicht immer die gleiche ist, sehr verschiedene Formen wie Spalten, Einstürze, Trichter, Becken und dergleichen aufweisen und demnach für die Besiedelung durch Pflanzen wechselnde Verhältnisse darbieten. Die tieferen und größeren Dolinen des Karstes aber waren es vor allem, die für Floristen und Pflanzengeographen immer besondere Anziehungskraft ausübten. In solchen Dolinen, deren Flanken gewöhnlich steil und felsig zur Tiefe stürzen, konnten seit jeher die interessantesten Gewächse gefunden werden. Ja, für die Erhaltung dieser Gewächse sorgten sogar die Karstbewohner. Da nämlich am Grunde vieler Dolinen Kulturen und Felder liegen, auch deren Gehänge bewaldet sind, werden die Ränder solcher Dolinen gewöhnlich

Digitized by Google

durch Rohmauern gegen das Weidevieh gesichert und hiemit erhält auch der in denselben befindliche Pflanzenwuchs im allgemeinen, aber auch jener der felsigen Gehänge, der sonstens dem Ziegenfraße verfallen würde, im besonderen seinen Schutz.

Nun war schon lange bekannt, aber kaum erklärt worden, daß in vielen tieferen Dolinen des Karstes isoliert zahlreiche Hochgebirgspflanzen, also Pflanzen der Voralpen und Alpenregion inmitten der Bergregion leben. Ihr Vorkommen daselbst mußte um so auffälliger erscheinen, als das Terrain um diese Dolinen derzeit von einer ganz anderen, auch an ein Bergklima angepaßten Vegetation besetzt ist.

Ich führe nur einige Beispiele hiefür aus dem Triestiner Karste auf, die ich teils den bekannten Florenwerken von Marchesetti[1] und Pospichal[2] entnehme, teils freundlichen Mitteilungen des Herrn Direktors C. v. Marchesetti selbst verdanke.

In den tiefen, nächst Divacca in einem Bodenniveau von 430 bis 450 *m* über dem Meere befindlichen Dolinen von Risniac, Resbeniac, Radovan zeigt sich eine schöne Farnvegetation, in der *Aspidium rigidum* Sw. v. *australe* Ten. bemerkenswert erscheint, da dieser Farn sonst nur auf den Julischen Alpen, am Nanos und andern Gebirgen vorkommt. Überdies finden sich in diesen Dolinen noch die alpine *Arabis arenosa* Scop. und einige illyrisch-südalpine Hochgebirgspflanzen, wie: *Saxifraga incrustata* Vest, *S. petraea* L. und *Athamanta rupestris* Reich.

In der geräumigen und tiefen Doline von Orlek nächst Sessana, welche in einem Bodenniveau von zirka 355 *m* über dem Meere liegt, finden sich von alpinen Hochgebirgspflanzen: *Scolopendrium vulgare* Sm., *Veratrum album* L. v. *Lobelianum* (Bernh.), *Arabis arenosa* Scop., *Primula auricula* L. Als Reste einer ehemaligen Buchenwaldflora kann man daselbst *Paris quadrifolia* L. und *Sanicula europaea* L. beobachten. Direktor

---

[1] C. Marchesetti, Flora di Trieste e dè suoi dintorni. Trieste, 1896 bis 1897.

[2] E. Pospichal, Flora des österreichischen Küstenlandes. Wien, 1897 bis 1899.

Digitized by Google

v. Marchesetti verpflanzte dorthin auch die erst im Trnowaner Walde vorkommende *Primula carniolica* Jacqu., welche daselbst sehr gut fortkam.

Die Anzahl der Hochgebirgspflanzen in vielen anderen Dolinen schwankt nach der Größe und Tiefe derselben, aber auch nach der Steilheit ihrer in die Tiefe ziehenden Felsgehänge. Je steiler und unzugänglicher die letzteren, desto reicher sind sie auch mit Pflanzen der Hochgebirge besetzt.

Die berühmte, auch von mir besuchte, großartige Dolinenschlucht von St. Canzian, welche sich von 435 *m* Seehöhe um 160 *m*, also bis 275 *m* Seehöhe vertieft, birgt wohl die größte Zahl von Hochgebirgspflanzen.[1]

Dazu zählen: *Aspidium lobatum* Sw., *Scolopendrium vulgare* Sm., *Silene saxifraga* L., *Aconitum rostatum* Bernh., *Lunaria rediviva* L., *Arabis arenosa* Scop., *Saxifraga incrustata* Vest, *S. petraea* L. (beide illyrisch-südalpin), *Aruncus silvester* Kost., *Euonymus latifolius* L., *Athamanta rupestris* Reich. (südalpin), *Primula auricula* L., *Gentiana asclepiadea* L., *Salvia glutinosa* L., *Veronica latifolia* L. (= *V. urticaefolia* Jacqu.), *Globularia bellidifolia* Ten., *Campanula pusilla* Haenke, *Prenanthes purpurea* L., *Aposeris foetida* Less. (illyrisch).

Mit diesen in die Karstflora eingemengten voralpinen und alpinen Pflanzen treffen an den Gehängen zur größten Überraschung der Pflanzengeographen auch einige südliche, wärmeliebende Gewächse zusammen, wie: *Adiantum capillus veneris* L., *Ceterach officinarum* Willd., *Parietaria ramiflora* Moench, *Corydalis ochroleuca* Koch, *Eryngium amethystinum* L., *Campanula pyramidalis* L., *Artemisia camphorata* Vill.

Doch alle angegebenen Voralpen- und Alpenpflanzen, weiters auch noch *Cystopteris alpina* Desv., *Veratrum album* L., *Thalictrum aquilegiifolium* L., *Cytisus alpinus* L., *Rhamnus*

[1] Über die Vegetation der Dolinenschlucht von St. Canzian vergleiche: C. Marchesetti, Florula di S. Canziano, in F. Müller, Führer in die Grotten und Höhlen von St. Canzian, Triest 1887, p. 100 ff. — G. v. Beck, Hochgebirgspflanzen in tiefen Lagen. Sitzungsber. des »Lotos«, XXIV (1904), p. 162. — A. Ginzberger in Führer zu den wiss. Exkursionen des II. internat. botan. Kongresses, Wien 1905, I, p. 64 ff.

Digitized by Google

fallax Boiss. (= *Rh. carniolicus* A. Kern.), *Adenostyles glabra* DC. (= *A. alpina* Bluff et Fing.) finden sich in diesen Dolinen nur zerstreut vor und schließen niemals zu einer Vegetationsformation zusammen. Daher erscheint der Zusammenschluß dieser Gewächse zu Vegetationsformationen in einzelnen höher gelegenen Dolinen des illyrischen Karstes noch viel auffälliger.

Dies ist der Fall in der zu einer Eishöhle herabziehenden Doline Paradana und in der großen Doline Smrekova draga. Beide auf dem Hochplateau des Trnowaner Waldes bei Görz gelegen, konnte ich näher erforschen.

Durch herrliche Voralpenwälder gelangt man im Trnowaner Walde auf schöner Waldstraße von dem gastlichen Forsthause Kanisza direkt zur Eishöhle Paradana, nach Moser,[1] welcher dieselbe näher beschrieb, auch Lepo brdo pod Goljak genannt. Sie ist die bekannteste Eishöhle des Trnowaner Waldes, denn aus derselben werden aus mehr als 100 *m* Tiefe Eisklötze auf Leitern und in vereistem Schnee eingehauenen Stufen heraufbefördert und auf eigenen Wagen nach Görz verfrachtet.

Der Eindruck, den diese Eishöhle mit ihrer eigentümlichen Vegetation jedem Besucher[2] hinterläßt, ist ebenso überraschend als eigentümlich. Man steigt unmittelbar von der Straße durch schönen Hochwald abwärts. In einer Tiefe von ungefähr 50 *m* endet plötzlich der Fichtenwald und man steht vor dem Trichter der Eishöhle, der etwa 40 *m* hinab in die Tiefe zieht. Auf der einen Seite dieses Trichters stürzen die Felsen schroff und unzugänglich zur dunklen Pforte der eigentlichen Eishöhle ab, aus der bei meinem hier geschilderten Besuche am 30. Mai 1904 kalte Nebelmassen aufstiegen. Durch

[1] Dr. L. C. Moser, Die Eishöhlen des Trnowaner und Birnbaumer Waldgebirges, in Zeitschr. des Deutschen und österr. Alpenvereins, XX (1889), p. 355 bis 357.

[2] Mir war es gegönnt, die Paradana und die Smrekova draga am 30. Mai 1904 unter Führung meines ortskundigen Freundes K. Loitlesberger, k. k. Gymnasialprofessors in Görz, zu besuchen, und letzterem verdanke ich überdies außerordentlich wertvolle Beiträge zu vorliegendem Aufsatze. Einen Bericht über diese Exkursion veröffentlichte Herr Prof. Loitlesberger in den Mitteilungen der Sektion für Naturkunde des Österr. Touristenklubs, XVII (1905), p. 69, unter dem Titel: »Die Smrekova draga im Ternovaner Walde«.

Digitized by Google

diese am Grunde des Trichters liegende Pforte wird der zweite, tief ins Erdinnere ziehende, mit Eis und Eiswasser erfüllte, unterirdische Teil der Paradana zugänglich, in dessen schaurigen Schlund man auf Leitern zu Zwecken der Eisgewinnung absteigt. Ein schmaler Fußsteig führt vom Rande des Trichters, an welchem das Thermometer am genannten Tage 17° C. Lufttemperatur zeigte, in Zickzack hinab.

Man durchwandert reichlichen, geschlossenen Strauchwuchs, bestehend aus Erlen, blühenden Weiden (*Salix grandifolia* Ser.), *Rosa pendulina* L. (= *R. alpina* L.), *Lonicera alpigena* L., *L. coerulea* L., mit einem Unterwuchse von Heidel- und Preiselbeeren (*Vaccinium myrtillus* L. und *V. vitis idaea* L.). Die Alpenrebe (*Clematis alpina* Mill.) schlingt sich durch die Büsche, zwischen welchen später *Ranunculus platanifolius* L., *Aruncus silvester* Kost., *Melampyrum sylvaticum* L. und *Mulgedium alpinum* Less. erblühen.

Bei 20 *m* Tiefe verkrüppeln die Fichten. Niederes, dicht aneinander gedrängtes Buschwerk von Alpenrosen (*Rhododendron hirsutum* L.), Ende Mai noch in Knospen stehend, deckt das Gehänge. Die Lufttemperatur ist auf 9 bis 10° gesunken. Auf den anstehenden Felsen erblicken wir manche in Entwicklung begriffene Alpenpflanze, darunter

Aspidium lonchitis Sw.
Poa alpina L.
Carex ornithopoda W.
Luzula silvatica Gaud.
Salix retusa L.
Heliosperma quadrifidum Reich.
Saxifraga cuneifolia L.
» *rotundifolia* L.
Viola biflora L.
Veronica lutea Wettst. (= *Paederota ageria* Aut.)
Valeriana saxatilis L.
» *tripteris* L.
Doronicum austriacum Jacqu.,

außerdem *Phegopteris polypodioides* Fée, *Omphalodes vernum* Moench, welches am Rande der Doline in voller Blüte stand,

Digitized by Google

das Moschusblümchen *Adoxa moschatellina* L. und auch *Chrysosplenium alternifolium* L.

Weitere 3 *m* tiefer steht das letzte kümmerliche Fichtenbäumchen über uns. Die Vegetation selbst ist kaum aus dem Winterschlaf erwacht. Nur *Chrysosplenium aeternifolium* L. bricht als Erstling durch die noch winterliche Decke des feuchten Erdbodens. Hingegen werden die Moose häufiger, die Lufttemperatur fällt rasch auf 6·5° C. und sinkt mit zunehmender Tiefe noch weiter.

Bei 30 *m* Tiefe ist sie auf 3° C. gefallen. Dort steht die ganze Vegetation noch im Winterkleide. Die Almrauschsträucher sind verkümmert und nur Zwergweiden mit einigen Alpenpflanzen und reichlichen Moosteppichen besetzen in Gesellschaft die zum Eisschlunde steil abfallenden Felsen (Abb. 1). Zu diesem Bilde paßt auch das winterliche Schneefeld, an dem wir jetzt stehen und das steil in den finsteren Schlund hinabzieht.

Am Eingange des letzteren, aus dem eisigkalter Dunst hervorquillt, fällt das Quecksilber unseres Thermometers, 1 *m* über den Schneemassen, noch bis auf 1·2° C.

Die Vegetation ändert sich somit in der Paradana in überraschender Weise mit der Tiefe. Ungemein deutlich erkennen wir aber die Erkältung der Lufttemperatur, die am 31. Mai 1904 von 17° C. am Rande des Paradanatrichters bis zum Grunde desselben, also zirka 40 *m* tiefer, auf 1·2° C. gesunken war. Die Lufttemperatur sinkt demnach Ende Mai, wenn noch reichlich winterlicher Schnee am Grunde des Dolinentrichters lagert, gegen die Tiefe fast um 0·4° pro Meter. Dies ist jedoch nicht immer so. Die Lufttemperatur ändert sich in ganz anderer Weise, wenn der Schnee am Eingange zum Eisschlote abgeschmolzen ist.

Die beigefügte Tabelle läßt dies aus einigen Messungen entnehmen. Solange Winterschnee im unteren Teile des Dolinentrichters der Paradana lagert, ist die Differenz zwischen der Lufttemperatur an der unteren Höhengrenze des Waldes und jener am Beginne des Eisschlundes am Grunde des Dolinentrichters sehr bedeutend, denn sie erreicht fast 13°. Noch überraschender wird diese kolossale Lufttemperaturänderung,

Digitized by Google

Lufttemperatur im Dolinentrichter der Eishöhle Paradana im Trnowaner Walde nach Celsiusgraden, 1 *m* über dem Boden.

Datum	Am Eingange zum Eisschlunde	10 *m* höher	17 *m* höher, unterste Krüppelfichte	20 *m* höher, reicher Strauchwuchs beginnt	30 *m* höher, untere Waldgrenze	Am Straßenkörper	Differenz	Nach	Bemerkungen
25. Jänner 1903	—5°	—	—	—	—4°	—	1°	Prof. C. Loitlesberger	Schöner Wintertag.
31. Mai 1904	1·5°[1] (1·2 bis 2°)	3°[2]	7·5°	9·5°	17°	—	15·5°	Prof. D. G. v. Beck	[1] Aus dem Eisschlunde steigen Nebel empor. [2] Obere Grenze des winterlichen Schneefeldes, das mit dem Eise des Schlundes in Verbindung steht. Schöner Tag.
8. September 1882	3·5°	—	—	—	16·5	—	13°	Prof. D. C. Moser a. a. O.	Kein Winterschnee vorhanden.
22. Oktober 1904	5°[1]	5°	6°	7·5°[2]	10°	11°	5°	Prof. C. Loitlesberger	[1] Schneefrei. Man hört Tropfen in offenes Wasser des Eisschlundes fallen. Schöner Herbsttag. [2] *Pirola* noch blühend.
19. November 1904	1·5 bis 2°	0°	0·5°	0·5°	1°	5°	0·5 bis 1°	Prof. C. Loitlesberger	Auch in der Eishöhle 1·5 bis 2°. Daselbst kein freies Wasser. Eiswände. Schöner Tag, etwas windig.

Digitized by Google

wenn man sie mit jener vergleicht, welche mit zunehmender Höhe in den Alpen beobachtet wird und im Mittel nur 0·57° C. für je 100 *m* beträgt.

Mit dem Abschmelzen des winterlichen, im Grunde des Dolinentrichters lagernden Schneefeldes, das mit den in der Eishöhle befindlichen, stets vorhandenen, wenn auch oft mit Wasser bedeckten Eismassen wahrscheinlich noch bis in die Sommermonate in Verbindung bleibt, vermindert sich jedoch die genannte Differenz in der Lufttemperatur bedeutend. Gegen Ende Oktober beträgt sie nach den Messungen Prof. Loitlesberger's nur mehr 5° und im November war die Lufttemperatur der genannten, 30 *m* tief voneinander abstehenden Örtlichkeiten so genähert, daß nur eine Differenz von 0·5 bis 1° resultierte.

Aber nicht allein das am Grunde lagernde Schneefeld und die im Schlunde verborgenen Eismassen bewirken die genannte Abkühlung der Luft, sondern auch die stärkere Beschattung und die damit verbundene relative Feuchtigkeit nimmt daran Anteil. Zugleich wird das Tageslicht merklich gegen den Eisschlund geschwächt, was daraus zu entnehmen ist, daß die Samenpflanzen am Grunde des Dolinentrichters verkümmern und auf den in den Schlund stürzenden Felsmassen nur mehr Höhlen- und Schattenformen von Moosen gedeihen. Hier wachsen nach freundlichen Mitteilungen Prof. Loitlesberger's z. B. *Amblystegium curvicaule* Dix et James, *Encalypta contorta* Lindb., *Hypnum molluscum* Hedw. in solchen verlängerten Höhlenformen. Außerdem trifft man im untersten Teile des Dolinentrichters gegen den Eisschlund noch an:

Amblystegium filicinum De Not.
» *Sprucei* Br. eur.
Hypnum sulcatum Schimp.
» *uncinatum* Hedw.
Oncophorus virens Brid.
Orthothecium rufescens Br. eur.
» *intricatum* Br. eur.
Plagiopus Oederi Brid.
Timmia norvegica Zett.
Webera cruda Schimp.

Digitized by Google

Vergleicht man die Verteilung des Pflanzenwuchses in der Paradana mit jenem des Hochgebirges in den Alpen, so wird in dieser Doline eine Umkehrung der Pflanzenregionen mit ihren charakteristischen Formationen und Bestandteilen deutlich wahrgenommen.[1]

Während man in den Alpen stets Laubwald, Nadelwald, Krummholz und Alpensträucher, Zwergsträucher, alpine Matten und Felstriften, endlich die Eis- und Schneeregion übereinander in bestimmter Höhenlage im Aufstiege folgen sieht, trifft man in der Paradana nacheinander mit zunehmender Tiefe Fichtenwald, Alpensträucher, Zwergsträucher *(Rhododendron)*, alpine Felspflanzen, die Fels- und Schneeregion, endlich Eis.

Die auffällige Erscheinung der Umkehrung der Pflanzenregionen kann auch noch an einer zweiten Doline des Trnowaner Waldes in etwas anderer Art beobachtet werden. Es ist dies die Smrekova draga, welche zuerst von Krašan[2] besucht und kurz beschrieben wurde und die ich ebenfalls in Begleitung des Herrn Prof. Loitlesberger am 31. Mai 1904 besuchte.

Die Smrekova draga ist ein etwa 1 *km* langer Dolinenkomplex nördlich des Goljakberges (1496 *m*) im Trnowaner Walde, welcher sich an der Landesgrenze zwischen Görz-Gradiska und Krain ausbreitet. Die Straße, welche von der Paradana über die Annahütte weiterführt, hört vor dieser großen Doline auf. Man steht an der Straße in schönem Rotbuchenwalde bei 1230 *m* über dem Meere. Am 31. Mai begann derselbe gerade sein silberigglänzendes Laub zu entfalten. In der Doline abwärts steigend gelangt man bald in einen prächtigen Wald

---

[1] Pospichal in seiner Flora des österr. Küstenlandes, I (1897), p. XI, hat sich darüber zuerst ausgesprochen, worauf ich diese pflanzengeographisch interessante Erscheinung auf Grund eigener Studien zum Gegenstande eines Vortrages machte. Vergl. G. v. Beck, Über die Umkehrung der Pflanzenregionen in den Dolinen des Karstes, in Sitzungsber. des Deutschen naturw.-medizin. Vereins »Lotos« in Prag, XXIV (1904), p. 153.

[2] Krašan, Vergleichende Übersicht der Vegetationsverhältnisse der Grafschaft Görz und Gradiska, in Österr. botan. Zeit., XXX (1880), p. 285.

Digitized by Google

von urwüchsigen, schlanken Fichten. Doch plötzlich, ganz unvermutet, findet der Wald sein Ende. Das Aussehen der letzten Fichtenbäume verändert sich wie an der oberen Höhengrenze dieses Baumes im Hochgebirge (Abb. 2). Deutlich verkümmern die stolzen Stämme. Mit weißgebleichten Baumleichen, deren Äste mit Bartflechten behangen sind, setzt sich die Baumgrenze scharf gegen abwärts ab und in einer Seehöhe von 1100 *m* sind die Bäume verschwunden. An die Stelle der Fichten tritt nun, wohl weitere 50 *m* an dem felsigen Dolinenhange in die Tiefe ziehend, ein dichter, fast undurchdringlicher Bestand der Legföhre (*Pinus mughus* Scop. = *P. montana* Aut.), die den weiten Kessel völlig erfüllt (Abb. 3). In die Formation der Legföhre, welche das dominierende Gehölz abgibt, streuen sich aber doch noch einige höhere Laubsträucher ein, so:

Salix grandifolia Ser.
» *arbuscula* L.
Sorbus chamaemespilus L.
Euonymus latifolius L.
Rhododendron hirsutum L.
Lonicera alpigena L.
» *coerulea* L.

An den nicht vom Strauchwuchs überdeckten Stellen, namentlich aber auf den Felsen, bemerkt man eine viel größere Anzahl von Hochgebirgs- und Voralpenpflanzen als in der Paradana, darunter:

Scolopendrium vulgare Sm.
Aspidium lobatum Sw.
Lycopodium annotinum L.
Carex ornithopoda W.
Luzula silvatica Gaud.
Veratrum album L. v. *Lobelianum* (Bernh.)
Polygonatum verticillatum All.
Salix retusa L.
Heliosperma quadrifidum Rchb.
Moehringia muscosa L.
Sagina saginoides Dalla Torre (=*S. Linnaei* Presl).
Clematis alpina L.
Helleborus niger L. v. *macranthus* Freyn.
Aconitum rostratum Bernh.

Digitized by Google

Arabis alpina L.
» *arenosa* Scop.
Saxifraga rotundifolia L.
» *petraea* L.
Aruncus silvester Kost.
Viola biflora L.
Pirola uniflora L.
» *rotundifolia* L.
Erica carnea L.
Vaccinium vitis idaea L.
Primula auricula L.
Salvia glutinosa L.
Stachys alpina L.
Veronica latifolia L.
Melampyrum silvaticum L.
Valeriana saxatilis L.
» *tripteris* L.
Campanula cochleariifolia Lam. (= *C. pusilla* Haenke).
Doronicum austriacum Jacqu.
Senecio crispus Kitt.
Aster bellidiastrum Scop.
Aposeris foetida Less.
Mulgedium alpinum Cass.
Crepis incarnata Tausch.

Je tiefer man steigt, desto dichter und reichlicher bedeckt sich der Boden zwischen den Legföhren mit Torfmoosen (insbesondere *Sphagnum acutifolium* Ehr.) und mit den Zwergbüschen von *Vaccinium uliginosum* L., bis schließlich die dichte, die längste Zeit im Inneren vereiste Moosdecke eine hochmoorartige Torfmulde bildet. Bei meinem Besuche zu Ende Mai waren noch große Schneefelder über einen großen Teil dieses Torfgrundes gelagert. Wie mir Prof. Loitlesberger mitteilte, findet sich auch an den felsigen Lehnen zwischen den Legföhrenbüschen wohl das ganze Jahr hindurch Eis und Schnee, der sich in den tiefen, meist von Legföhrenbüschen überschatteten Felsschründen leicht erhalten kann.

Ein kontrastreiches Bild eröffnet sich aber dem Beschauer, wenn die Alpenrosen Mitte Juli in herrlich rotem Blumenschmucke stehen und der eisige Firnschnee aus den Felsklüften zwischen den dunklen Legföhren herausleuchtet.

In der Smrekova draga prägt sich nach vorhergehender Schilderung des Pflanzenwuchses die Umkehrung der Pflanzenregionen fast noch schöner aus als in der Paradana. Wir finden hier zuerst schönen Buchenwald, unter demselben herrlichen Fichtenwald; weiter abwärts wird die Baumgrenze aus Fichten erreicht; sodann folgt die Legföhrenformation mit eingemengten Alpensträuchern und Alpenpflanzen, endlich eine ausgesprochene Torfmoorvegetation mit vereisten Schneemassen.

Digitized by Google

Sehr schön ist der Wechsel der Vegetation mit zunehmender Tiefe auch an der Moosvegetation zu beobachten, deren Kenntnis ich liebenswürdigen Mitteilungen Prof. Loitlesberger's verdanke.

A. In der Buchenwaldregion des Trnowaner Waldes finden sich:

Antitrichia curtipendula Brid.
Bryum capillare L.
Catharinaea Haussknechtii Broth.
Dicranum Sauteri Br. eur.
Plagiobryum Zierii Lindb.
Tortula subulata Hedw.
Pterigynandrum filiforme Hedw.
Chiloscyphus polyanthus Corda.

Seltener:

Neckera pumila Hedw.
Pseudoleskea atrovirens Br. eur.
Pterygophyllum lucens Brid.
Webera elongata Schwägr. v. *nutans.*
Aplozia lanceolata Dum.[1]
Pellia endiviaefolia Dum.
Radula Lindbergii Gott.

und als besondere Seltenheiten:

Moerkia Flotowiana Schiffn. und
Aplozia Schiffneri Loitl. in Abh. zoolog.-botan. Ges. (1905), p. 482.

B. In der Fichtenwaldregion kommen vor:

Hylocomnium splendens Br. eur.
» *squarrosum* L.
» *triquetrum* Br. eur.
» *loreum* Br. eur. und andere.

---

[1] Über Lebermoose vergl. K. Loitlesberger, Zur Moosflora der österreichischen Küstenländer, in Abh. zoolog.-botan. Ges. (1905), p. 475.

Digitized by Google

Hypnum cupressiforme L. v. *filiforme*, in langen Strängen von den Bäumen hängend.
Mnium orthorrhynchum Br. eur.
» *medium* Br. eur.
Orthotrichum Lyellii H. et T.
Sphagnum Girgensohnii Russ.
Bazzania trilobata Gray.
Cephalozia reclusa Dum.
» *leucantha* Spr.
» *curvifolia* Mitt.
Scapania irrigua Dum.

Seltener:

Neckera pumila Hedw.
Plagiothecium undulatum Br. eur.
Racomitrium canescens Brid.
Sphagnum squarrosum Pers.
» *cymbifolium* Ehr.
» *recurvum* P. B.
Blepharozia ciliaris Dum.
Frullania fragilifolia Tayl.
Harpanthus scutatus Spr.
Kantia suecica Arn.
Odontochisma denudatum Nees.
Scapania convexa Heeg.
Trichocolea tomentella Lindb. (selten).

Auf schattigen Felsen gedeihen:

Anomodon viticulosus H. et T.
» *rostratus* Schimp.
Barbula paludosa Schleich.
Encalypta contorta Lindb.
Orthothecium rufescens Br. eur.
Plagiopus Oederi Limpr.
Schistidium apocarpum Br. eur.
Aplozia atrovirens Dum.
Jungermannia turbinata Raddi.

Digitized by Google

Seltener:

Didymodon giganteus Jur.
Eurhynchium cirrosum Mol.
» *Tommasinii* Ruthe.
Hypnum Halleri L. fil.
Myurella Carayana Sull.
Racomitrium lanuginosum Brid.
Lejeunia echinata Tayl.
Metzgeria pubescens Raddi.
Reboulia hemisphaerica Raddi.

C. In der Krummholzregion der Smrekova draga wurden gesammelt:

Dicranum congestum Brid.
» *majus* Turn.
» *scoparium* Hedw.
Meesia trichodes Spruce.
Eurhynchium cirrosum Mol.
Oncophorus virens Brid.
Orthothecium rufescens Br. eur.
» *intricatum* Br. eur.
Plagiothecium depressum Dixon.
» *denticulatum* Br. eur.
» *undulatum* Br. eur.
Polytrichum formosum Hedw.
» *juniperinum* Willd.
Sphagnum acutifolium Ehrh.
» *quinquefarium* Warnst.
Timmia austriaca Hedw.
Bazzania triangularis Lindb.
Cephalozia media Lindb.
» *pleniceps* Aust.
» *bicuspidata* Dum.
Jungermannia gracilis Schleich.
» *heterocolpa* Theden.
» *Floerkei* Web. et M.
» *minuta* Crantz.

Digitized by Google

Jungermannia Muelleri Nees.
» *quinquedentata* Huds.
» *ventricosa* Dicks.
Kantia suecica Arn.
Mylia Taylori Gray (sehr reichlich).

Wenn man sich die Frage vorlegt, auf welche Ursachen die vorher geschilderte, auffällige Umkehrung der Pflanzenregionen mit ihren Formationen und Vegetationslinien zurückzuführen sei, so dürfte die Annahme kaum angezweifelt werden, daß das lange Liegenbleiben der winterlichen Schneemassen auf dem wasserundurchlässigen Grunde der Dolinen sowie in den vom Legföhrendickicht beschatteten Felsschründen eine stufenweise mit der zunehmenden Tiefe verstärkte Erkältung und Durchfeuchtung der atmosphärischen Luft sowie des Bodens in der Weise hervorruft, daß ähnliche Veränderungen der Temperaturverhältnisse geschaffen werden wie bei der zunehmenden Elevation in den Hochgebirgen.

Daß diese Erklärung zutrifft, beweisen die Pflanzenregionen des nahen Goljakberges (1496 *m*). Hier weichen die Fichten in einer Seehöhe von 1260 *m* dem aus der Legföhre gebildeten Knieholz sowie den Alpensträuchern, wie *Rhododendron hirsutum* L., *Juniperus nana* W., welche die Gipfelkuppe dieses Berges in geschlossener Formation einnehmen. Wir erkennen daher auf der Höhe des Trnowaner Waldes die auffällige und sehr bemerkenswerte Tatsache, daß die Fichten einesteils bei 1100 *m* in der Tiefenlage eine untere und bei 1260 *m* in der Höhenlage eine obere Grenze ihres Vorkommens erreichen und daß beide Vegetationslinien in gleicher Weise durch die Erkältung des Klimas bedingt werden.

Das kühlfeuchte Klima der Dolinen ermöglichte jedoch für sich allein nur die Erhaltung der in denselben heute zerstreut liegenden Inseln der Hochgebirgsflora. Es mußte aber eine ständige Abstufung in den Dolinen erleiden, um auch die Erhaltung mehrerer, in verschiedener Weise den klimatischen Faktoren angepaßter Pflanzenformationen unter denselben Verhältnissen wie im Hochgebirge, aber in umgekehrter Reihenfolge zu gestatten.

Digitized by Google

Da aber sowohl die in den Dolinen vorkommenden Hochgebirgspflanzen ebenso wie die ausgeprägten Formationen derselben sich heute nur inselförmig im Bereich der montanen Karstflora vorfinden und eine Neubesiedelung mit derartigen Gewächsen unter den gegenwärtigen Verhältnissen ganz unmöglich ist, sind alle diese Hochgebirgs- und Voralpenpflanzen der Dolinen als Relikte der alpinen Flora anzusehen, welche die Karsthöhen zur Zeit der letzten Eiszeit wahrscheinlich im zusammenhängenden Verbreitungsareal besiedelte und nach der Diluvialzeit sich wieder in die besiedelungsfähig gewordenen Höhen der Alpen Friauls und der Julischen Alpen zurückzog. Während mit der Erwärmung des Klimas die Karstflora der alpinen Flora langsam nachdrängte und das Bergland, welches sie in der letzten Interglazialzeit bereits besetzt hatte,[1] wieder für sich in Anspruch nahm, konnten sich noch manche Vertreter der Alpenflora in den kühleren Dolinen bis zur Gegenwart erhalten, was wieder nur dadurch ermöglicht wurde, daß sich seit der letzten Glazialzeit die klimatischen Verhältnisse in den tieferen Dolinen nicht allzusehr veränderten.

Nach der Herkunft ist wohl die Mehrzahl der in den Dolinen isoliert vorkommenden Hochgebirgspflanzen alpinen Ursprunges, die eine weitere Verbreitung im Alpenzuge besitzen. Doch sehen wir zwischen denselben auch noch vereinzelte Hochgebirgspflanzen, welche den südlichen Kalkalpen zur Zierde gereichen, wie z. B.

Silene saxifraga L.
Helleborus niger L. v. *macranthus*
Saxifraga petraea L.
Athamantha rupestris Reich.
Veronica lutea Wettst.

ferner die aus den illyrischen Hochgebirgen stammenden *Saxifraga incrustata* Vest, *Globularia bellidifolia* Ten. und

[1] Vergl. G. v. Beck, Über die Bedeutung der Karstflora in der Entwicklung der Flora der Ostalpen. Vortrag gehalten am II. internationalen botanischen Kongresse in Wien, 1905.

Digitized by Google

Aposeris foetida Less. sowie die arktisch-boreale *Viola biflora* L.

Während das Vorkommen der südalpinen Elemente sowie der arktisch-borealen *Viola biflora*, welche ja überall im Alpenzuge mit den alpinen Pflanzen gesellig lebt, nach den vorhergehenden Erläuterungen leicht zu erklären ist, ist das Vordringen illyrischer Hochgebirgspflanzen von den Gebirgen der Balkanhalbinsel bis zu unseren Standorten und weiter in die Alpen hinaus wissenschaftlich noch wenig behandelt worden[1] und dürfte weitere Studien lohnen.

[1] Vergl. G. v. Beck, Vegetationsverh. der illyr. Länder, p. 469.

Digitized by Google

Erklärung der Abbildungen.

Abbildung 1. Partie im unteren Teile des Paradanatrichters, zum Teil noch von den Wänden der Doline beschattet. Im oberen Teile die *Rhododendron*-Formation, die bereits in der Mitte des Bildes verkümmert und felsigen, mit Moosen und Alpenpflanzen bedeckten Gehängen den Platz räumt. Anstoßend daran das in die Tiefe ziehende, mächtige, winterliche Schneefeld.

Abbildung 2. An der unteren Baum- und Waldgrenze in der Smrekova draga. Die Fichten verkümmern plötzlich und dichte Legföhrenbüsche treten an deren Stelle. Im Hintergrunde erblickt man über der geschlossenen Formation der Legföhre die jenseitige untere Grenze des Fichtenwaldes, der weiter nach aufwärts eingemengte Buchen aufweist. Vorn sieht man noch winterliche Schneeflecken.

Abbildung 3. Legföhrendickicht in der Smrekova draga, das im Hintergrunde von dem Fichtenwalde umsäumt wird. Auf der Kuppe rechts Fichten und Buchen in Mischung. Einige bleiche, abgestorbene Fichtenstämme bezeichnen am Waldessaume die Baumgrenze.

Digitized by Google

Abbildung 3.

Digitized by Google

Digitized by Google

Gazella Salmi n. sp.

von

Dr. **Ludwig v. Lorenz.**

(Mit 2 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. Jänner 1906.)

Gelegentlich eines Besuches auf dem Schlosse von Mährisch-Budwitz im vergangenen Herbste hatte ich Gelegenheit, unter einer Anzahl von Seiner Erlaucht dem Altgrafen Rudolf Salm-Reifferscheidt im Februar 1904 in Faschoda erbeuteten Jagdtrophäen auch das montierte Haupt einer Gazelle sowie eine größere Anzahl von Gehörnen derselben Spezies zu sehen, deren Artzugehörigkeit ich nicht aus der Erinnerung festzustellen vermochte.

An der Hand der mir hierüber gemachten Notizen konnte ich dann auch in der Literatur keine Art ausfindig machen, deren Charaktere auf die gesehene vollständig gepaßt hätten. *Gazella isabella* einerseits, *G. rufifrons* und *G. leptoceros* andrerseits boten zwar manche gemeinsame Merkmale, aber keine volle Übereinstimmung. Ich wurde daher zu der Vermutung gedrängt, daß es sich hier um eine bisher noch nicht beschriebene Art handelt, und war darin auch noch mehr bestärkt, als ich später bei dem Präparator Herrn Ed. Hodek noch eine größere Anzahl von montierten Köpfen und von Gehörnen zu sehen bekam, die aus demselben Gebiet stammten und die ich sofort als mit den von Altgraf Salm heimgebrachten Beutestücken übereinstimmend erkannte. Ich gebe daher eine Beschreibung der augenscheinlich neuen Form, die ich als *Gazella Salmi* bezeichne, dem Weidmann zu Ehren, der mir die Gelegenheit bot, diese Art zu begründen. Wenn ich meine

Digitized by Google

Diagnose auch nur auf das Haupt und Gehörn beschränken muß, so glaube ich doch, mit derselben die neuentdeckte Form hinreichend charakterisieren zu können.

Färbung von Kopf und Hals im ganzen fahl gelblichbraun. Die verlängerten Haare auf der Stirne und dem Scheitel etwas lebhafter rötlich gelbbraun, ebenso der Nasenrücken und der Hinterhals gegen den Nacken zu. Kein dunkler Fleck ober der Nase. Partie rings um die Augen weißlich, das Weiß gegen die Nase zu sich weiter ausdehnend, jedoch ohne ganz bis zu dieser zu reichen, so daß kein vollständiger weißer Gesichtsstreifen zur Entwicklung kommt, wie beispielsweise bei *Gazella thomsoni*, *G. albonotata* und anderen. Von den Tränengruben bis zum Beginn der Oberlippen ist das Gelbbraun der ganzen Wangenregion gleichfalls etwas intensiver, so daß ein nicht scharf begrenzter, dunklerer Wangenstreif nur angedeutet erscheint. Oberlippen an den Seiten fahl isabell, vorn weißlich. Ganze Unterlippe, Kinn und Kehle ebenfalls von weißlicher Farbe und dann in die fahlgelbliche Färbung des Vorderhalses übergehend.

Fig. 1.

Die etwa 14 *cm* langen Ohren sind außen sehr kurzhaarig, an der Rückseite fahl, seitlich an der Basis weißlich. Die Innenfläche des Ohres ist nur am Rande und im oberen Viertel mit verlängerten weißen Haaren besetzt.

Die Färbung des weiblichen Hauptes stimmt ganz mit der des männlichen überein, dagegen sind die Hörner bei den beiden Geschlechtern sehr verschieden gestaltet.

Digitized by Google

Das männliche Gehörn ist, von der Seite gesehen, ähnlich wie bei *Gazella thomsoni* geschweift, verjüngt sich jedoch gegen die Spitze rascher. In der Ansicht von vorn weichen die Hörner in der oberen Hälfte mehr oder weniger lyraförmig auseinander; die Spitzen sind meist mäßig nach innen und bisweilen ganz wenig nach vorn gewendet, sie erinnern in dieser Beziehung an jene der *Gazella albonotata* Rothschild's. Die Wülste sind mäßig voneinander entfernt,

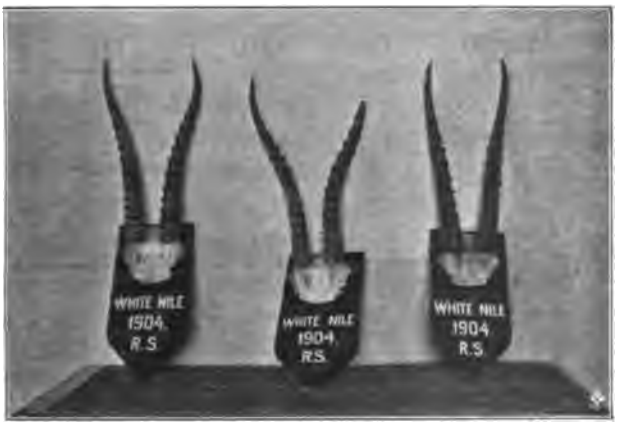


Fig. 2.

anscheinend etwas weiter als bei der eben genannten Form und als bei *Gazella thomsoni*. Noch wäre zu bemerken, daß bei den männlichen Hörnern zwischen den Wülsten sich viel Harz angelegt findet. Die Hörner der Weibchen sind sehr dünn, mit schwachen, aber deutlichen Wülsten und am Ende weniger divergierend, ähnlich wie bei den Weibchen von *Gazella loderi* oder *G. isabellae*. An der Basis fehlen die Wülste, dafür erscheint daselbst das Horn durch zahlreiche engstehende Furchen geringelt.

Zur näheren Charakterisierung der Hörner mögen die nachstehenden Maßangaben dienen:

Digitized by Google

	Länge, gerader Abstand	Länge nach der Krümmung	Abstand an der Basis	Abstand der Spitzen	Umfang an der Basis: Durchmesser von vorn nach hinten und der Quere nach	Zahl der Wülste
	cm	*cm*	*cm*	*cm*	*cm*	
♂	28·60	29·40	1·5	14·8	11·2 / 4/3	15
♂	28·00	29·25	1·5	16·5	11·5 / 3·5/2·5	15
♂	27·00	29·00	1·1	12·0	11·5 / 4·5/3	13
♂	26·75	27·75	1·5	10·0	12 / 4/2·5	13
♀	26·60	27·20	2·7	7·4	6·6 / 2/1·6	14

Nach der durch Sclater und Thomas gegebenen Darstellung der *Gazella isabellae* weicht unsere *Gazella Salmi* von jener in folgenden Punkten ab: Die Hörner zeigen sich weniger gekrümmt, sowohl in der Ansicht von vorn als von der Seite, das Weiß des Gesichtes ist im ganzen weniger ausgedehnt und nicht so scharf abgegrenzt, reicht dagegen auch unten um das Auge herum, was bei *Gazella isabellae* nicht der Fall zu sein scheint.

Die in Rede stehende Art wurde offenbar bisher vielfach für die *Gazella rufifrons* Gray angesehen, so erscheint sie z. B. unter diesem Namen in R. Wards »Records of Big Game« neben der richtigen *G. rufifrons* von Senegal angeführt.

Über das Vorkommen der neuen Art schreibt Altgraf Salm: »Diese Gazelle traf ich nur am linken Ufer des Weißen Nils in der Umgebung von Kaka. Dieselbe mag wohl auch in anderen Gegenden am Weißen Nil vorkommen, doch habe ich nur bei Kaka gejagt.

Digitized by Google

Ich traf die Gazelle dort überaus häufig, meist in kleinen Rudeln, die starken Böcke gewöhnlich abseits von den Rudeln allein stehend. In demselben Gebiet wie die Gazelle sah und schoß ich noch Büffel, Roanantilopen, Wasserböcke, Tiangs, Oribis und Warzenschweine. Reedböcke und *Cobus leucotis* traf ich erst am Bahr el-Zeraf an. Andere Jäger haben jedoch auch die beiden genannten Wildarten in der Gegend bei Kaka erlegt.

Ob die besprochene Gazelle am Bahr el-Zeraf auch vorkommt, kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen. Ich sah dort mehrmals geringe und weibliche Stücke von einer Gazelle, die ich für dieselbe hielt, konnte aber nichts feststellen, da ich diese Stücke unbeschossen ließ.

Meine Leute fanden am Zeraf ein Gehörn, von dem ich glaube bestimmt annehmen zu dürfen, daß es von derselben Gazelle herrührt, die ich bei Kaka schoß.«

In einem Briefe machte Altgraf Salm darauf aufmerksam, daß die in Rede stehende Gazelle noch folgende österreichische Jäger zur Strecke gebracht haben: die Prinzen Heinrich Liechtenstein, Karl Fürstenberg, Franz Josef v. Braganza und die Grafen Ernst und Karl Hoyos, Karl Podstatzky, Erwein Nostitz.

Digitized by Google

Digitized by Google

Zur Physiologie der Diatomeen

(I. Mitteilung)

von

Dr. **Oswald Richter.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag. Nr. 80 der zweiten Folge.

(Mit 6 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. Jänner 1906.)

Die notwendige Vorbedingung für die Beantwortung ernährungsphysiologischer Fragen über Diatomeen war deren absolute Reinkultur, d. h. deren Kultur ohne jede Bakterie. Die Bemühungen Koch's haben in Beijerinck's[1] bekannten Arbeiten über Algenkulturen Nachahmung gefunden und die interessanten Ergebnisse Artari's[2] sprechen jedem, der sich mit Algenkulturen beschäftigt, Mut zu zu dem langwierigen Beginnen der Reinkultur. Beijerinck hat zum ersten Male erst Gelatine und später Agar zur Kultur von Grünalgen verwendet, ein Verfahren, das Tischutkin[3] in der Folge auch zur Kultur von Diatomeen gebrauchte. Seine Agarlösung war eine einprozentige in Flußwasser ohne jegliche Zugabe.

»Zur Zubereitung von Kulturen nach Petri'scher Methode« wandte er »gewöhnlich nicht weniger als drei bis vier Verdünnungen in sterilem Wasser an. Hier gingen die Algen in punktförmigen Kolonien auf«. Nachdem er sich

[1] M. W. Beijerinck, I. Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenogonidien und andern niederen Algen. Bot. Zeitg., 1890, p. 725 u. f.

[2] A. Artari, Über die Bildung des Chlorophylls durch grüne Algen. Ber. d. d. b. G., 1902, XX, p. 201.

[3] A. Tischutkin, Über Agar-Agar-Kulturen einiger Algen und Amöben. Zentr. f. B. u. P., 1897, 2. Abt., p. 183—188.

Digitized by Google

»von der Reinheit dieser Kolonien überzeugt hatte«, machte er Abimpfungen kleiner Teile derselben auf die Oberfläche von schräg erstarrtem Wasseragar oder in sterilisiertes Flußagar.

Obwohl ich keine »Diatomeenreinkulturen« Tischutkin's gesehen habe, möchte ich doch in Anbetracht der Mühe, die es macht, »absolute Reinkulturen« dieser Algen zu erhalten, behaupten, daß der genannte Forscher bloß Spezies-, aber keine bakterienfreien Reinkulturen von Diatomeen besessen hat, um so mehr, als in seiner Arbeit von dem Versuch einer Kontrolle der Reinheit durch Überimpfen auf Gelatine keine Erwähnung gemacht wird.

Der erste, der absolute, d. h. bakterienfreie, Reinkulturen von Diatomeen erzielt hat, ist Miquel.[1] Ich verweise bezüglich seiner Versuchsanstellung auf meine frühere Arbeit[2] und möchte hier einer Fußnote in einer Arbeit Beijerinck's[3] über Diatomeen gedenken, die wortgetreu mitgeteilt sein mag:

»Die ersten Reinkulturen von Diatomeen erhielt ich im Jahre 1895 bei der Isolierung des Nitritfermentes auf gewaschener Kreide und chlorammoniumhaltigem Agar. Vor kurzem hat auch Richter .... 1903 über die Reinkultur von Diatomeen geschrieben«.[4]

Indem ich selbstverständlich, wenn nötig, in der Prioritätsfrage vor Beijerinck zurücktrete, möchte ich doch bemerken, daß ich trotz eifrigen Suchens weder jene Arbeit[5] und im

---

[1] P. Miquel, I. Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. CXIV, 28 Mars 1892, p. 780.

[2] Oswald Richter, Reinkulturen von Diatomeen. B. d. d. b. G., 1903, XXI, p. 493.

[3] Vergl. die folgende Note.

[4] M. W. Beijerinck, II. Das Assimilationsprodukt der Kohlensäure in den Chromatophoren der Diatomeen. Recueil des Travaux Bot. Neerlandais, 1904, No. 1, p. 28.

[5] Diatomeen habe ich in Beijerinck's Arbeit III. Über oligonitrophile Mikroben, Z. f. B. u. P., 1901, 7. Bd., Nr. 16, p. 561, und zwar auf p. 564 erwähnt gefunden, wo es heißt:

»Daß die Diatomeen tatsächlich einen hohen Gehalt an organischen Stoffen ..... vertragen können, geht aus folgendem einfachen Versuche hervor: Man fülle ein hohes Zylinderglas zur Hälfte mit Gartenerde, zur andern Hälfte mit reinem Wasser, schüttle kräftig und stelle den Schlamm vor einem Fenster auf. Nach einigen Tagen oder Wochen... sieht man an der beleuchteten

Digitized by Google

besonderen jene Stelle in ihr gefunden habe, die mir die Gewißheit gegeben hätte, Beijerinck sei schon im Besitze absoluter Reinkulturen von Diatomeen gewesen, noch schriftliche Anfragen nach jener für mich so wichtigen Arbeit von Beijerinck beantwortet wurden.

Im Jahre 1904 ist endlich eine vorläufige Mitteilung Treboux's[1] erschienen, die auch über gelungene Reinkulturen von Diatomeen berichtet.

Man sieht eben, daß wie beim Studium der Physiologie anderer Mikroorganismen auch hier die Reinkultur als erstes Erfordernis erkannt wird und man sich daher alle Mühe gibt, die Schwierigkeiten der Reinkultur auch der Diatomeen zu überwinden. Und da es nun auch mir gelang, gewisse Diatomeen bakterienfrei zu ziehen, bin ich heute in der Lage, über einige ernährungsphysiologische Ergebnisse zu berichten, um-

---

Seite des Glases einen dunkelbraunen Belag von Diatomeen sich absetzen... Nach einigen Monaten wird der Belag mehr weniger durch Chlorophyceen ersetzt, was offenbar dann geschieht, wenn die Diatomeen selbst sowie andere Mikroben, wie Monaden und Bakterien, das für Assimilation fähige Material umgewandelt haben...«.

Endlich fand ich in M. W. Beijerinck's u. A. v. Delden's Arbeit IV. Über eine farblose Bakterie, deren Kohlenstoffnahrung aus der atmosphärischen Luft herrührt, C. f. B. u. P., X. Bd., 1903, II. Abt., p. 33, wo über die Darstellung der Kieselplatten gesprochen wird, folgende Stelle:

»Selbst Erddiatomeen, wie die Gattung *Nitzschia*, sah ich darauf in großen Kolonien wachsen« (von einem Beleg für die Reinkultur ist keine Rede). In dem Berichte über die Organismen der Nitrifikation in Nature, Vol. XLVI, 1892, p. 264, betreffend die Sitz. der Akad. der Wissensch. vom 25. Juni 1892, finde ich die Diatomeen überhaupt nicht erwähnt.

Darnach bleibt wohl die Prioritätsfrage noch in Schwebe. Sollte jedoch Beijerinck die genauen Belege zu seinen Gunsten bringen können, so glaube ich, wird man meine Meinung, nach Miquel zum ersten Male wieder Diatomeenreinkulturen besessen zu haben, entschuldbar finden, da man doch kaum verlangen kann, daß derjenige, der über Diatomeen arbeitet, in einer Arbeit etwa mit dem Titel: »Oligonitrophile Mikroben« nach der Diatomeenliteratur zu suchen hat.

Ich möchte übrigens bemerken, daß Fr. Oltmanns: Morphologie und Biologie der Algen, II. Bd., p. 387, zu meinen Gunsten entschieden zu haben scheint.

[1] O. Treboux, Zur Stickstoffernährung der grünen Pflanze. B. d. d. b. G., 1904, XXII, p. 570.

Digitized by Google

somehr, als die diesbezüglichen Experimente zu einem gewissen Abschlusse gelangt sind.

Beim Beginne dieser Arbeiten munterte mich besonders der Umstand zu einem eingehenden Studium der Ernährungsphysiologie der Diatomeen auf, als sich seit Miquel[1] meines Wissens niemand eingehend mit diesem Gegenstande beschäftigt hat und Miquel mit gewissen vorgefaßten Meinungen an die Arbeit ging, die ihn zweifellos auf eine unrichtige Fährte führen mußten. So nimmt er von vornherein an, man müsse den Diatomeen zweierlei Arten von Nahrungsmitteln geben, anorganische Salze und organische Substanzen.

»Il faut pour pouvoir cultiver les Diatomées leur donner deux genres d'aliments: des aliments salins, des aliments organiques«.[1]

Wir müssen aber heute doch annehmen, daß die Diatomeen als selbständig assimilierende Organismen die organische Ernährung nicht benötigen; ob sie gebotene organische Nahrung verwerten können, ist wieder eine andere Sache.

Abgesehen davon kann auch die Verwendung der Stammlösungen Miquel's über die Notwendigkeit des einen oder andern der anorganischen Salze keine Vorstellung geben; man vergegenwärtige sich nur deren Zusammensetzung:[2]

Formule *A*.		Formule *B*.	
Sulfat de magnesie	10 *g*	Phosphat de soude	4 *g*
Chlorure de sodium	10	Chlorure de calcium sec.....	4
Sulfate de soude.....	5	Acide chlorhydrique pur à 22°.	2
Azotate d'ammoniaque	1	Perchlorure de fer liquide à 45°	2
» de potasse.....	2	Eau	80
» de soude.....	2		
Bromure de potasse	0·2		
Jodure	0·1		
Eau	100		

Um eine Kultur passend zu mineralisieren, fügt man nach Miquel zu 1 *l* gewöhnlichen Wassers 40 Tropfen der Lösung *A* und 10 bis 20 der Lösung *B*. Doch könne in Anbetracht der andern Zutaten, die ja selbst die Mineralbestandteile enthielten, das Mineralisieren auch unterbleiben.

[1] P. Miquel, II. De la culture artificelle des diatomées. Le diatomiste, Bd. I, 1892, p. 94.

Digitized by Google

Ich brauche wohl kaum eigens hervorzuheben, daß so komplizierte Nährlösungsrezepte, in die sogar Brom- und Jodverbindungen noch mitaufgenommen sind, auch über die Ernährungsphysiologie der Kulturpflanzen keine bestimmten Aufschlüsse geben konnten und daß alle Ergebnisse damit bloß die Frage nach der Förderlichkeit oder Schädlichkeit, nicht aber nach der Notwendigkeit eines Stoffes zu beantworten vermochten. Dazu bedurfte es gewiß genauerer Methoden.

Ich hebe die oben erwähnte Fähigkeit der Kieselalgen, ohne organische Substanzen auszukommen, entgegen Miquel nochmals hervor, da sich Benecke[1] im Anschluß an Miquel's Experimente und in Anbetracht seiner Erfahrungen mit farblosen und braunen Diatomeen für die Notwendigkeit derselben ausspricht. So sagt er an einer Stelle bei Besprechung der Befunde Miquel's:

»Wir können dies nach den heutigen Erfahrungen erweitern und sagen, daß offenbar irgend welches Nährelement aus organischer Quelle zuströmen muß; es braucht dies nicht notwendig Stickstoff zu sein; bei Diatomeen wäre neben andern auch an die Kieselsäure zu denken.«

Es wird sich also in der folgenden Arbeit zunächst darum handeln, über die anorganische Ernährung der Kieselalgen einige Klarheit zu bringen, worauf dann auf die Fähigkeit, auch gebotene organische Nahrung zu assimilieren, genauer eingegangen werden soll.

In ernährungsphysiologischer Beziehung beansprucht das meiste Interesse die Frage nach der Notwendigkeit der Kieselsäure für das Gedeihen der Diatomeen.

Bereits auf der Naturforscherversammlung in Breslau hatte ich Gelegenheit,[2] über eine ganze Reihe von Versuchen zu

---

[1] W. Benecke, Über farblose Diatomeen der Kieler Föhrde. Pringsh. Jahrb., 1900, 35. Bd., p. 567.

[2] Oswald Richter, Über Reinkulturen von Diatomeen und die Notwendigkeit der Kieselsäure für *Nitzschia Palea* (Kütz.) W. Sm. Verh. der Gesellschaft deutscher Naturf. u. Ärzte, 76. Versammlung zu Breslau 1904. II. T., 1. Hälfte, p. 249, Ref. Naturw. Rundsch., 1904, XIX. Jahrg., p. 623.

Digitized by Google

berichten, welche die Notwendigkeit der Kieselsäureernährung bei Kieselalgen sehr wahrscheinlich machten. Immerhin wollte ich erst noch mehr Erfahrungen gesammelt und eine größere Anzahl von Versuchen auch in der folgenden Vegetationszeit angestellt haben, ehe ich mit meinen Ergebnissen in einer ausführlichen Arbeit an die Öffentlichkeit trat. Diese Vorsicht erschien mir um so ratsamer, weil meine diesbezüglichen Befunde mit keiner der bisherigen Erfahrungen übereinstimmen und weil sie mich zwingen, das SiO_2, das sonst für nicht notwendig für die Ernährung galt, vorläufig für eine Kieselalge als notwendigen Nährstoff zu erklären. Diese Experimente sind nun, wie gesagt, zu einem gewissen Abschlusse gediehen und sollen in der Weise wiedergegeben werden, daß immer kapitelweise zuerst die Versuchsergebnisse im Zusammenhange graphisch dargestellt und nachher die wichtigsten Resultate in Worte gefaßt werden.

I. Die Notwendigkeit der Kieselsäure für die Diatomee Nitzschia Palea (Kütz.) W. Sm.

Meine Versuchsanstellung bei der Überprüfung der Frage nach der Notwendigkeit der Kieselsäure für Diatomeen lehnt sich an die von Molisch[1] für die Kultur von Grünalgen verwendete an. Damals handelte es sich Molisch darum, den Einfluß des K und Ca auf die Ernährung der Algen zu überprüfen, wobei die zu überwindende Schwierigkeit darin lag, Gefäße herzustellen, bei deren Verwendung von einer Lösung der genannten Substanzen aus den Kulturgefäßen auch bei monatelangem Stehen nicht die Rede sein konnte.

Platingefäße waren wegen des hohen Preises von vornherein als Kulturgefäße ausgeschlossen, auch mußte man bei ihnen wie bei solchen aus Nickel die oligodynamische Wirkung[2]

[1] H. Molisch, I. Die Ernährung der Algen I. Sep. Abdr. aus diesen Sitzungsberichten, Bd. CIV, Abt. I, Okt. 1895, p. 8.

[2] C. v. Nägeli, Über oligodynamische Erscheinungen in lebenden Zellen. Mit einem Vorwort von S. Schwendener und einem Nachtrag von C. Cramer, Basel (Denkschr. der schweiz. naturf. Gesellsch., Bd. XXXIII, 1893), Ref. Bot. Zeitg., 1893, Nr. 22, p. 337—343.

Digitized by Google

mit in Betracht ziehen. Schließlich fand Molisch in seinen Versuchen Erlenmeyer-Glaskolben am geeignetsten, die er innen mit Paraffin auskleidete, eine Methode, die den an sie gestellten Anforderungen so vorzüglich entsprach, daß in der Kulturflüssigkeit in einem Paraffinkölbchen, in das zwischen Paraffinauskleidung und Glaswand ein Stückchen Zucker gegeben worden war, nach zwei Monate langem Stehen noch keine Spur von Zucker nachgewiesen werden konnte. Ebenso blieben etliche KCl-Kristalle, analog isoliert, trotz der leichten Löslichkeit dieses Salzes hinter Paraffin ungelöst.[1]

a) Orientierende Versuche.

Indem ich nun gleich vorwegnehme, daß ich mich der Versuchsanstellung von Molisch erst bei meinen entscheidenden Versuchen über den Einfluß der Kieselsäure auf die Diatomeen bediente, erlaube ich mir, einige Tabellen von Vorversuchen vorauszuschicken, da sie geeignet scheinen, bereits die Möglichkeit eines Kieselsäurebedürfnisses dieser Algen nahe zu legen.

Die mitzuteilenden Tabellen dürften ohne Schwierigkeit die Versuchsergebnisse klar machen, wenn man die Zeichenerklärung auf Tafel IV berücksichtigt.

Wo eine (innere) Paraffinauskleidung durchgeführt wurde, unterblieb selbstverständlich eine neue Sterilisation der eingefüllten Kulturflüssigkeit. Über die dadurch bedingten Versuchsfehler vergl. die Beschreibung der Versuchsanstellung bei den »entscheidenden Versuchen etc.«.

1. Die tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse

findet sich auf Tafel I und II.

Tafel I bringt die Vorversuche I bis III,

Tafel II die Vorversuche IV und V.

2. Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorversuche 1 bis 4.

1. Alle Versuche lehren übereinstimmend, daß die Diatomee *Nitzschia Palea* in anorganischer Nährlösung nur dort

[1] H. Molisch, I., l. c. p. 8.

Digitized by Google

zur Entwicklung kommt, wo sie mit SiO_2, sei es als Calcium-, Kalium-, Natriumsilikat, sei es als Kiesel oder Glas, in Berührung kommen kann. Es genügt somit, sie in Glasgefäßen ohne absichtlichen Kieselsäurezusatz zu kultivieren, da die Diatomeen sich die notwendige Quantität dieses Stoffes aus der Wand der Kulturgefäße nehmen. So erklärt es sich auch, warum ich bei den Stammlösungen für das Kulturagar und die Kulturgelatine in meiner früheren Arbeit die Zugabe von Kieselsäure unterlassen konnte; es enthält eben sowohl das Agar — man beachte die Unmengen von Diatomeenpanzern in demselben — als auch die Gelatine so viel des nötigen Stoffes, daß die Diatomeen ihr Auslangen damit finden. Verascht man daher Diatomeen aus den Kölbchen mit und ohne Kieselsäurezusatz, so findet man Kieselpanzer, doch erweisen sich die jener Diatomeen, die sich den Kieselsäurebedarf erst aus den Glaswänden der Kulturgefäße beschaffen mußten, viel zarter als die Panzer derer, denen SiO_2 freiwillig in großer Menge zur Verfügung gestellt wurde (vergl. »Glimmerproben« im zweiten Vorversuch, Tafel I).

2. Es erscheint nicht gleichgültig, in welcher Form das SiO_2 der *Nitzschia Palea* geboten wird; am besten bewährte sich $CaSi_2O_5$. Um die schwer löslichen Stücke dieses Salzes bilden sich sozusagen braune Inseln. Die Diatomeen heften sich förmlich an diese »Lebensquellen«, um sich später bei weiterer Lösung des Stoffes über den ganzen Boden der Kulturgefäße zu verteilen (vergl. auch p. 84).

3. Aber auch die verwendeten Konzentrationen der dargebotenen Silikate sind von Belang. Ein Zusatz von 0·01% $K_2Si_2O_5$ zur Nährlösung bedingt ein prächtiges Wachstum, der von 0·05% läßt überhaupt keines mehr zu. Überprüft man diese unvorteilhafte Lösung, so erweist sie sich als ungemein stark alkalisch. Dieselbe Konzentration von $Na_2Si_2O_5$ schädigt dagegen noch nicht.

4. Die Reaktion der Nährlösung ist von ausschlaggebender Bedeutung. Die von Molisch für die Kultur von Grün- und Blaualgen und für Diatomeen schon von Miquel, später von Karsten[1] und mir aufgestellte Forderung einer

[1] Auf die Literatur wird später noch eingegangen werden.

Digitized by Google

schwach alkalischen Reaktion der Kulturflüssigkeit hat auch in diesen Versuchen ihre Bestätigung gefunden. Ein Zuviel ist hier ebenso von Nachteil wie ein Zuwenig. Saure Reaktion vertragen die Diatomeen überhaupt nicht. Der Zusatz von Magnesium-, Ammoniumfluosilikat, saurem Calciumphosphat zur Nährlösung machte daher eine Entwicklung der Alge unmöglich.

5. Die Lichtintensität hat einen hervorragenden Anteil am Gelingen der Versuche.

6. Das Ca, dessen Verhalten bei der Ernährung von Diatomeen in Anbetracht der Beobachtungen von Molisch an Grünalgen ein besonderes Interesse bietet, schien förderlich, ohne notwendig zu sein. Doch darüber sowie über die Bedeutung des Lichtes für die Diatomeen mag später berichtet werden.

Das Wesentlichste der Ergebnisse war also bisher die anscheinend erwiesene Abhängigkeit der Diatomee *Nitzschia Palea* vom Vorhandensein der Kieselsäure und die möglicherweise vorhandene Unabhängigkeit vom Ca als Nährstoff.

Um so unangenehmer war ich anfänglich überrascht über den Ausfall des folgenden Versuches.[1]

3. Ein anscheinend widersprechender Versuch.

(5. Vorversuch auf Tafel II.)

Der Unterschied in der Versuchsanstellung gegen sonst lag in der Verwendung der wichtigsten Kalksalze anderer Säuren neben dem $CaSi_2O_5$. Alle Kölbchen, ausgenommen die der ersten zwei Kolonnen, die lediglich zur Kontrolle dienten, waren mit einer Paraffinauskleidung versehen.

---

[1] Das Paraffin wirkt an und für sich nicht giftig auf die Diatomeen. Es ist gleichgültig, ob bei 48°, 52° oder 72° schmelzendes Paraffin verwendet wird, es ist auch gleichgültig, ob es in Stücken in die Nährlösung eingetragen wird oder ob es als Wandbelag einer Temperatur von 80°, 100° oder 142° ausgesetzt worden war. Eine solche Untersuchung war um so angezeigter, als ja die oligodynamische Wirkung vieler Stoffe auf Algen bekannt ist. Vergl. p. 32, Note 2.

Digitized by Google

Waren nun zwar, wie auch die Photographie (Fig. 1) zeigt, — zwischen der photographierten $CaSO_4$-Kultur und den Kulturen mit den andern Ca-Salzen waren nur relativ geringe Differenzen zu bemerken — zwischen den $CaSi_2O_5$-Kulturen und denen der andern Ca-Salze ganz erhebliche Unterschiede, so ließ sich doch das Aufkommen und Gedeihen in den »SiO_2«-freien Kölbchen nicht wegleugnen und die Notwendigkeit der SiO_2 war fraglicher geworden denn je. Im gleichen Grade rückte die Möglichkeit näher, daß es gelingen könnte, Kieselalgen ohne Kieselsäure zu ziehen.

Wesentlich für die Beurteilung dieses Versuchsergebnisses scheint mir die Tatsache zu sein, daß ich die gesamte Stammlösung vor dem Aufteilen auf die Paraffinkölbchen in einem großen Zweiliter-Glaskolben ohne Paraffin im Dampfsterilisator sterilisierte, in der Meinung, auf diese Weise Keime von Pilzen, Bakterien und Algen möglichst ausschließen zu können. Es war also noch immer die Möglichkeit vorhanden, daß jene Spuren von SiO_2, die sich im gewöhnlichen destillierten Wasser finden, und im besonderen die, die während des zweistündigen Aufenthaltes der Nährlösung im Sterilisator von der Flüssigkeit gelöst worden waren, ausgereicht hatten, um jenes kümmerliche Gedeihen der Versuchsalge zu ermöglichen. Es sei noch betont, daß selbst am 15. Juli 1904, also $2^1/_2$ Monate nach der zweifellosen Feststellung des Wachstums in den $CaCO_3$-, $CaCl_2$-, $CaSO_4$- und $Ca(NO_3)_2$-Kölbchen nur ein ganz geringer Fortschritt in der Entwicklung konstatiert werden konnte.

Endlich sei erwähnt, daß das Nichtaufkommen in Kölbchen mit Calciummalat und saurem Calciumphosphat einen Beleg mehr für die Bedeutung der alkalischen Reaktion für das Fortkommen der Diatomeen liefert.

Zum Schlusse sei auf die graphische Darstellung dieses wichtigen Versuches verwiesen, der es nun für unumgänglich nötig erscheinen ließ, mit den von Molisch[1] verwendeten Vorsichten, Destillation des destillierten Wassers über Platin, Verwendung mehrfach umkristallisierter, reiner Salze u. s. f., die Frage nach der Notwendigkeit der Kiesel-

[1] H. Molisch, I., l. c., p. 8.

Digitized by Google

säure zum Gedeihen der *Nitzschia Palea* neuerdings in Angriff zu nehmen.

b) Entscheidende Versuche über die Notwendigkeit der Kieselsäure für das Gedeihen der Nitzschia Palea.

Versuchsanstellung.

1. Vorbereitungen:

α. Destillation. In Anbetracht der Tatsache, daß, wie Stas[1] und Molisch[2] gezeigt haben, auch das gewöhnliche destillierte Wasser noch so viele Aschenbestandteile enthält, daß Algen darin ganz gut gedeihen können, wurde das destillierte Wasser neuerlich destilliert. Dazu benützte ich Jenenser Glaskolben, die mittels eingeriebener Glasstöpsel mit einem Platinkühler in Verbindung standen, von dem das kondensierte Wasser in einen 400 cm^3-Kolben, der mit Paraffin bis zum oberen Rand ausgekleidet war, abtropfte. War dann das Kölbchen bis etwa zu 300 bis 350 cm^3 gefüllt, so schüttete ich das dest. dest. Wasser in einen mit Paraffin völlig ausgekleideten Zweiliter-Erlenmeyerkolben. Ein Wattapfropf aus reinster Watte besorgte dessen Verschluß. War im »Siedekolben« noch etwas zur Destillation bestimmtes Wasser übriggeblieben, so wurde es ausgeschüttet und der Kolben bis zu 350 bis 400 cm^3 neu gefüllt. Um einen Siedeverzug zu vermeiden, befand sich ein Stück Platindraht im Kochkolben. Hervorgehoben sei noch, daß alle für die Destillation verwendeten Geräte, also Destillationskolben, Platinkühler, Vorstoßkolben, Stöpselvorstoß, der große Zweiliter-Vorratskolben mit Kalilauge und darauf mit konzentrierter Salzsäure gereinigt und mit viel gewöhnlichem destillierten Wasser abgespült worden waren. Jene Kolben und Objekte, die mit Paraffin ausgekleidet werden sollten, waren nachher im heißen Trockenkasten auf 110 bis 140° erhitzt und so vollkommen wasserfrei gemacht worden — eine Vorsicht,

[1] J. S. Stas, Untersuchungen über die Gesetze der chemischen Proportionen etc. Leipzig 1867, p. 110 (deutsche Übersetzung von Aronstein).

[2] H. Molisch, II. Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen; eine physiologische Studie. Jena 1892, p. 81 und 106.

Digitized by Google

die schon Molisch[1] für notwendig erklärte und deren Beachtung nicht oft genug betont werden kann; — dann hatte ich sie mit reinstem Paraffin des Siedepunktes 78° von Merck versehen und neuerlich über 100°, oft bis 140° erhitzt. Nach dem Abkühlen war dann das Paraffin durch Drehen der Gefäße längs deren Wände und am Boden derselben zum Erstarren gebracht worden. Dabei war der große Kolben mit dem Wattabausch verschlossen gewesen. In ganz analoger Weise sind auch die kleinen Versuchskölbchen von früher behandelt worden.

Das Überfüllen des dest. dest. Wassers geschah mit der größten Vorsicht und möglichst rasch. Ebenso war bei der Destillation durch Überhängen eines weißen Papiers so gut wie möglich für das Fernhalten der Luftkeime und des Luftstaubes gesorgt worden.

β. Herstellung der Nährlösung (Stammlösung). Das Abmessen der Flüssigkeit geschah in Meßzylindern, die ebenso wie die Kolben vorbehandelt und völlig mit Paraffin ausgekleidet waren. Auch hier wurde möglichst rasch und vorsichtig gearbeitet, um ein Hereinfallen von Keimen nach Tunlichkeit auszuschließen.

Durch diese Versuchsanstellung wurde bewerkstelligt, daß das Wasser seit seiner Kondensation mit keiner Glaswand und somit mit keiner Kieselsäure in Berührung kam.

Die Nährsalze waren entweder von Merck mit der Marke »purissimum pro analysi« oder noch jene mühsam und etliche Male umkristallisierten, die Molisch bei seinen Eisen-,[2] Pilz-[3] und Algenarbeiten[4] gebrauchte. Wie sehr ich Herrn Prof. Dr. H. Molisch gerade dafür, daß er mir die Erlaubnis zur Benützung dieser Substanzen gab, zu Dank verpflichtet bin, wird jeder ermessen können, der solche zeitraubende Er-

---

[1] H. Molisch, I., p. 8.

[2] H. Molisch, II., l. c., p. 106 bis 109.

[3] H. Molisch, III. Die mineralische Nahrung der Pilze, I. Abhandlung. Diese Sitzungsber., Bd. CIII, Abt. I, 1894, p. 554.

[4] H. Molisch, I., l. c., p. 8. — IV. Die Ernährung der Algen. Süßwasseralgen. (II. Abhandlung.) Ebenda, Bd. CV, Abt. I, Oktober 1896.

Digitized by Google

nährungsversuche einmal hat durchführen müssen. Die Materialien aus der Sammlung von Prof. Molisch wurden in den Tabellen mit Sternchen bezeichnet. Die Verbindungen Kalium- und Calciumsilikat entsprachen nahezu den Formeln $K_2Si_2O_5$ und $CaSi_2O_5$, wie aus dem mir freundlich erteilten Bescheid der Firma Merck hervorgeht. Es sei mir gestattet, auch an dieser Stelle sowohl der ausgezeichneten Qualität der Reagenzien zu gedenken als auch dem Leiter der Firma für die meine Anfrage betreffenden Analysen meinen besten Dank auszusprechen.[1]

Bei der Wahl der Gewichtsmengen der verwendeten Salze waren für mich selbstverständlich die seinerzeit von Molisch[2] angeführten Erwägungen maßgebend, da ich vor einer ganz ähnlichen Schwierigkeit stand. Deshalb wurde die Konzentration der Lösung möglichst verdünnt gewählt, von KNO_3 und PO_4K_2H nur $0{\cdot}2\,g$, von $MgSO_4$ bloß $0{\cdot}05\,g$ für den Liter Flüssigkeit genommen. Sollte den Salzen dennoch etwa durch das Stehen in den Versandglasgefäßen durch die Berührung einzelner Stückchen mit den Glaswänden etwas SiO_2 angehaftet haben, so wurde diese wohl unwägbare Spur auf $1\,l$ Wasser aufgeteilt und die eventuelle Fehlerquelle dürfte als ziemlich ausgeschaltet betrachtet werden können.

Um das unliebsame Ausfallen des Magnesiumphosphates zu verhindern, löste ich die betreffenden Salze in verschiedenen

---

[1] Die betreffenden Stellen aus den mir zugesendeten Briefen lauten: »Kalium silicic. pur. sicc. wird entsprechend der Formel $K_2Si_2O_5$ dargestellt. Die Prüfung des soeben abgelieferten Calcium silicicum ergab folgende Zusammensetzung:

Glühverlust (H_2O und Spuren CO_2)	25·44%
SiO_2	56·19
CaO	17·94

Daraus läßt sich annähernd die Formel $CaSi_2H_4O_7 = CaSi_2O_5 + 2H_2O$ berechnen. Für eine stets genau gleichbleibende Zusammensetzung kann bei diesem Präparate natürlich keine Gewähr geleistet werden, da das Ausgangsmaterial im Kieselsäuregehalte nicht immer ganz gleich ist und besonders auch deshalb, weil das fertige Calcium silicicum unter dem Einfluß der Luft und Feuchtigkeit sich leicht verändert und CO_2 aus der Luft aufnimmt.«

[2] H. Molisch, I und IV, l. c.

Digitized by Google

paraffinierten Gefäßen und goß erst die Lösungen vorsichtig zusammen.

2. Die eigentliche Versuchsanstellung.

Wie ein Blick auf die Tabellen lehrt, wurde bei allen Versuchen darauf ausgegangen, sowohl den Einfluß des SiO_2 sowie den des Ca auf das Wachstum der Diatomeen aufzuklären; deshalb also die acht Kolonnen, von denen die Kölbchen der ersten weder Ca noch SiO_2 enthielten. Ebenso befand sich in denen der achten in der Stammlösung keiner dieser Stoffe, dagegen hatte ich $CaSi_2O_5$-Stücke unter Paraffin in den Paraffinwänden derselben Kulturgefäße eingeschlossen, eine etwas veränderte Wiederholung der oben angeführten Versuche von Molisch mit Zucker- und KCl-Kristallen. Alle Salzzusätze wurden einheitlich mit $0{\cdot}01\%$ gewählt. Die Kolonnen 3 bis 6 erhielten Ca-Salze der verschiedenen anorganischen Säuren, Kohlen-, Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure und kein SiO_2. Aus früher bereits erörterten Gründen, Erzeugung einer sauren Reaktion in der Nährlösung u. s. f., wurden Kolonnen mit saurem Calciumphosphat u. dergl. nicht erst eingerichtet, in der Kolonne 2 dagegen fehlte das Calcium, dafür enthielt aber jedes Kölbchen $0{\cdot}01\%$ $K_2Si_2O_5$. Von den Kölbchen der Kolonne 7 endlich erhielt jedes beide Nährstoffe, das Ca sowohl wie das SiO_2, als $CaSi_2O_5$.

Jede Kolonne enthielt drei Kölbchen *A*, *B*, *C*, so daß also ein Versuch aus 24 Kölbchen bestand.

Alle Kölbchen waren gleich groß und so gewählt, daß bei Verwendung von 100 cm^3 Nährlösung gerade die Niveauhöhe von $1^1/_2$ *cm* erreicht wurde.

Alle Kölbchen waren, wie früher erwähnt, innen paraffiniert worden, konnten also nicht nach Füllung und nach der Lösung der Nährsalze neu sterilisiert werden. Es blieb bei allen Experimenten dieser Art die Gefahr der Infektion durch anfliegende Keime. Daß ihrer sich nach monatelangem Stehen der Versuche auch mitunter welche einfanden, zeigen die betreffenden Zeichen in den Tabellen.

Um aber ja diese unangenehme Möglichkeit nach Tunlichkeit zu beschränken, wurden die notwendigen Handhabungen,

Digitized by Google

wie Überfüllen, Einschütten, Abwägen u. s. f., entweder in Zimmern ausgeführt, wo sehr selten jemand hinkam, die Luft also sehr wenig bewegt war, oder aber, wo dies unmöglich wurde, am Tage vor dem Eintragen der Salze der Fußboden waschen gelassen oder endlich alle Prozeduren in der Nacht besorgt, so daß ich bezüglich der Aufwirbelung von Staub ziemlich beruhigt sein konnte. Die Befestigung erfolgte an einem Nordfenster an Drähten. Bei sehr grellem Tageslichte wurde mit weißem durchscheinenden Papiere abschattiert.[1]

Nachdem ich beim Versuche vom 13. Mai 1904 ein eindeutiges Resultat erhalten hatte, dahin lautend, daß sich die Diatomeen nur in den $CaSi_2O_5$-Kölbchen entwickelt hatten, wurde noch derselbe Versuch dazu benützt, eine Kontrolle der Frage nach der Notwendigkeit des Ca und des SiO_2 abzugeben. Es erhielten daher alle ersten Kölbchen der Kolonnen 3 bis 6 0·01% $K_2Si_2O_5$ als Zusatz, *A* der Kolonne 2 aber 0·01% $CaCO_3$, worauf neu geimpft wurde. Da ich mir später den Einwand machte, es könnte doch durch das lange Stehen die Paraffinauskleidung besonders in der Kolonne 2 gelitten haben und dadurch sich das etwas unklare Resultat gerade in dieser Kolonne erklären, habe ich beim letzten Versuche gleich von vorneherein diesen Folgeversuch mit dem Gesamtversuche verquickt. Darnach resultieren für dieses Experiment vier Kölbchen in einer Kolonne, von denen immer die Kölbchen Nr. 1 einen $K_2Si_2O_5$-Zusatz von 0·01% erhalten haben.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen dürften die Versuchsergebnisse, bei denen ich dieselbe Bezeichnungsweise wie früher angewendet habe (p. 33), unschwer verständlich sein (vergl. die graphische Darstellung auf Taf. II).

3. Zusammenfassung der Ergebnisse der entscheidenden Versuche über den Einfluß der Kieselsäure auf das Gedeihen der *Nitzschia Palea*.

1. Die Diatomee *Nitzschia Palea* entwickelt sich überall dort nicht, wo die Diatomeenimpfmasse keine Möglichkeit hat,

[1] Auf diese Weise erspart man sich die Verwendung der von Miquel, II., l. c., p. 123, empfohlenen Gestelle, Lichtschirme und Vorhänge.

Digitized by Google

mit SiO_2 in Berührung zu kommen, sie entwickelt sich aber ausgezeichnet in den Kölbchen mit $CaSi_2O_5$-Zusatz.

2. Ebenso günstig scheint die Verbindung von Ca-Salzen verschiedener Säuren mit $K_2Si_2O_5$ zu wirken.
3. Kaliumsilikat ohne Ca ermöglicht im letzten Versuche die Entwicklung nicht.

Daraus läßt sich schließen, daß zur Entwicklung der Diatomee *Nitzschia Palea* Kieselsäure absolut notwendig ist und daß sie Ca höchstwahrscheinlich gleichfalls benötigt. Es ist dies der erste Fall, wo nachgewiesen wird, daß SiO_2 für irgend eine Pflanze einen notwendigen Nährstoff bildet.

c) Historisches über die Notwendigkeit der Kieselsäure.

1. Für Diatomeen.

Die Meinungen, die man sich bisher oft auf Grund der Beobachtungen an den Membranen oder auf Grund von Analogieschlüssen über diesen Punkt gebildet hat, gehen sehr stark auseinander.

Während sich eine größere Anzahl von Forschern mit Rücksicht auf die ganz eigentümliche Ausstattung der Kieselalgen sehr reserviert ausdrückt:

Molisch:[1] »Ob die Diatomeen nicht vielleicht im Gegensatze zu den anderen Algen für den Aufbau ihrer Zellhaut die Kieselsäure benötigen, vermag ich vorläufig nicht zu sagen, da es mir bisher nicht gelingen wollte, die Diatomeen im Laboratorium gut zu kultivieren«;

Pfeffer:[2] »Für die besonders kieselsäurereichen Diatomeen und Schachtelhalme ist der Beweis für die Entbehrlichkeit der Kieselsäure bis dahin nicht sicher erbracht«;

Jost:[3] »Über die Nützlichkeit oder Entbehrlichkeit der Kieselsäure bei den Schachtelhalmen und Diatomeen sind wir gänzlich unorientiert«,

---

[1] H. Molisch, IV., l. c., p. 633, erste Fußnote.

[2] W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie. 2. Aufl., Leipzig 1897, p. 430.

[3] L. Jost, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Jena 1904, p. 107.

Digitized by Google

neigen auf der einen Seite Meyer[1] und Oltmanns[2] zu der Ansicht, die Kieselsäure dürfte sich für die Diatomeen als notwendig herausstellen:

Meyer:[1] »Ob die Schachtelhalme der Kieselsäure entbehren können, ist ungewiß; ob die Kieselpanzer, die Diatomeen, dies können, natürlich ziemlich unwahrscheinlich«;

Oltmanns:[2] »Nur die Diatomeen werden kaum ohne Silicium auskommen können. Experimente freilich, welche die Unentbehrlichkeit des Si dartun, sind nicht vorhanden. Man weiß nur, daß Plankton-Diatomeen der Hochsee häufig einen sehr dünnen Kieselpanzer führen.«

Auch scheinen mir gewisse Erfahrungen Miquel's[3] als Stütze dieser Anschauung gelten zu können:

»Wenn man z. B. eine überreichliche Entwicklung der kleinen gewöhnlichen *Nitzschia* wünscht, wird man«, meint Miquel, »zu den Mazerationsflüssigkeiten einige Dezigramm gelatinöser Kieselsäure zusetzen...« Ebenso wird das schwer lösliche Ca-Silikat empfohlen.

Dagegen freilich hat er mit leicht löslichen Silikaten traurige Erfahrungen gemacht.[4] Ich komme bei Besprechung der Reaktion der Nährlösung darauf nochmals zurück.

Auf der anderen Seite steht es für Kohl[5] zweifellos fest, daß die Kieselsäure ebenso wie für höhere Pflanzen auch für Diatomeen nicht zu den unbedingt notwendigen Nährstoffen gehört. Hier einige Bemerkungen von ihm, die diese Anschauung dartun sollen:

p. 198: »Wenn nun auch der experimentelle Beweis der Entbehrlichkeit der SiO_2 für an dieser Substanz besonders reiche Pflanzen, wie Equiseten, Diatomeen etc., bisher wegen der Schwierigkeit, diese Pflanzen künstlich zu ziehen, noch nicht hat erbracht werden können, so dürfen wir doch nach Analogie schließen, daß auch für sie wie für die beliebig gewählten Versuchspflanzen die Kieselsäure nicht zu den unbedingt nötigen Nährstoffen gehört.«

---

[1] A. Meyer, Die Ernährung der grünen Gewächse. Heidelberg 1895, p. 268.

[2] Fr. Oltmanns, l. c., 2. Bd., p. 137.

[3] P. Miquel, II., l. c., p. 127 und 154.

[4] P. Miquel, II., l. c., p. 119.

[5] Fr. G. Kohl, Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg 1889, p. 244.

Digitized by Google

p. 245: »...während aber die Diatomeen« (er zieht hier den Vergleich zwischen F_2O_8 und SiO_2) »sicher (!) auch ohne Kieselsäure zu leben vermögen, ruft Eisenmangel im Wasser den sofortigen Untergang von Eisenbakterien hervor.«

Meine Versuche stimmen mit diesen Anschauungen Kohl's durchaus nicht überein, ja widersprechen ihnen geradezu, so daß ich unseren Befund neuerdings wiederholen und folgendermaßen präzisieren möchte:

Bisher war bekannt, daß die höhere grüne Pflanze die zehn Nährelemente brauche: C, H, O, N, P, S, Ca, K, Mg und Fe. Molisch[1] und nach ihm Löw[2] konnten für niedere Grünalgen, Vertreter der Familien der Protococcaceen, Palmellaceen, Chaetophoraceen und Ulotrichaceen, nachweisen, daß Ca für das Gedeihen dieser Algen überflüssig ist, und Benecke[3] bestätigte dies.

Jetzt aber zeigt es sich, daß eine Vertreterin einer großen Gruppe von Algen, der Diatomeen oder Kieselalgen, Kieselsäure zu ihrem Gedeihen notwendig braucht. Dieses Ergebnis hätte mit Rücksicht auf die materielle Zusammensetzung der Membran nicht überraschen brauchen. Immerhin schien mir die Tatsache so ungewohnt, daß ich Mühe hatte, mich mit ihr zu befreunden und der immer wiederkehrende Gedanke an einen möglichen Irrtum hielt mich so lange zurück, dieselbe endgültig zu vertreten.

Es drängt sich nun unwillkürlich die Frage auf: »Wozu brauchen die Diatomeen die Kieselsäure?« Und diese Fragestellung führt uns sofort auf das vielumstrittene Gebiet der Membranbildung der Diatomeen und der Frage nach deren chemischen Beschaffenheit (vergl. p. 34).

---

[1] H. Molisch, I., l. c., 1895, p. 12.

[2] O. Löw, Bemerkung zur Giftwirkung oxalsaurer Salze. Bot. Zentr., 1895, LXIV., p. 434. — Nachtrag über das Kalkbedürfnis der Algen. Ebenda, p. 433. — Über die physiologischen Funktionen der Calciumsalze. Ebenda 1898, LXXIV., p. 257.

[3] W. Benecke, Über die Kulturbedingungen einiger Algen. Bot. Zeitg., 1898, 56, p. 83.

Digitized by Google

In Kohl's[1] zitiertem Werke wird Pfitzer[2] als derjenige genannt, der bereits für eine Anzahl Diatomeen die Frage beantwortet habe. Nach Pfitzer[2] bleibe nach Entfernung des Kieselgehaltes durch Flußsäure die organische Grundlage als zarte, biegsame Haut übrig, welche ihrer Substanz nach aus einer Modifikation der Zellulose bestehe, die mit J auch bei Einwirkung quellungserregender Stoffe, wie H_2SO_4 etc., sowie nach vorgängiger Behandlung mit KOH und HNO_3 und $KClO_3$ nur braungelb, nicht blau wird.

Auch Sachs[3] kam auf Grund der Untersuchungen von Mohl[4] zu einer ähnlichen Auffassung. Die gleiche Anschauung vertritt Oltmanns.[5] Kohl[6] konnte diese Angaben Pfitzer's bestätigen und nahm an, daß die Membran in Fällen, in welchen von ihr nach der Flußsäurewirkung nichts mehr übrig bleibt, so stark verkieselt wäre, daß eine zusammenhängende Haut nicht mehr zurückbleiben könne. Nach Strasburger[7] ist ebenso »von der Membran« der *Pinnularia* nach Flußsäurebehandlung »nichts zu bemerken«.

Daß die Kieselsäure ein- und nicht etwa aufgelagert sei, geht nach Kohl[8] aus dem optischen und chemischen Verhalten der Schalen ohneweiters hervor und seine sonstigen Erfahrungen über Verkieselung legten ihm die Ansicht nahe, daß auch in den Diatomeenpanzern die Kieselsäure als solche und nicht als organische Kieselverbindung eingelagert sei.

Ich bin natürlich weit entfernt, diese Anschauung als unrichtig hinstellen zu wollen, doch scheint mir in Anbetracht

---

[1] Fr. G. Kohl, l. c., p. 244.

[2] E. Pfitzer, Die Bacillariaceen (Diatomaceen). Schenk's Handbuch der Botanik, Breslau 1882, p. 410.

[3] J. Sachs, Ergebnisse einiger neueren Untersuchungen über die in Pflanzen enthaltene Kieselsäure. Flora 1862, XX. Jahrg., p. 33.

[4] H. v. Mohl, Über das Kieselskelett lebender Pflanzenzellen. Bot. Zeitg., 1861, p. 209 u. f.

[5] Fr. Oltmanns, l. c., I., p. 102.

[6] Fr. G. Kohl, l. c., p. 245.

[7] E. Strasburger, Das botanische Praktikum. 3. Aufl., Jena 1897, p. 370.

[8] Fr. G. Kohl, l. c., p. 245.

Digitized by Google

meiner Versuchsergebnisse jene Erklärung von der unzusammenhängenden Haut gezwungen und viel zweckentsprechender ersetzt durch die schon von Meyer[1] auf Grund der Versuche von Friedel und Ladenburg[2] angedeuteten Annahme, daß ebenso etwa, wie die Zellulose im Stoffwechsel höherer Pflanzen entsteht, sich bei der *Nitzschia Palea* organische Kieselsäureverbindungen bilden, welche die Rolle der Membranzellulose übernehmen könnten. Widersinnig erschiene diese Annahme schon deshalb nicht, weil eben aus den herangezogenen Untersuchungen speziell vom Si bekannt ist,[2] daß es ebenso wie der C eine Unzahl organischer Verbindungen einzugehen im stande ist. Es wäre somit möglich, daß beim Entzug der Kieselsäure der normale Stoffwechsel nicht vor sich gehen könnte, weshalb kieselsäurefrei gezogene Diatomeen absterben müßten.

Es wäre gewiß eine dankbare Arbeit für einen Chemiker, der Frage nach der Bindung des Si in der Diatomeenschale mit Rücksicht auf die neuesten Erfahrungen über die Notwendigkeit dieses Stoffes für das Gedeihen einer Diatomee näher zu treten. Aber auch für den Mikrochemiker dürfte sich noch allerhand Bemerkenswertes ergeben, da vorläufig nach Oltmanns[3] feststeht, daß sich verschiedene Kieselalgen verschieden verhalten, indem es welche gibt, bei denen die »organische Grundlage«, und welche, bei denen die Siliciumverbindung zurücktritt.

Auch hat Schütt[4] nachgewiesen, daß bei der Diatomee *Cyclotella socialis* Büschel auftreten, die von der Membran aus-

---

[1] A. Meyer, l. c., p. 271 Anm. und p. 11 Anm.

[2] Friedel und Ladenburg, Berichte der deutschen chem. Gesellsch., 1869.

[3] Fr. Oltmanns, l. c., 1. Bd., p. 102. Ob man sich in Bezug auf das Verschwinden der Membranen gewisser Diatomeen nach Flußsäurebehandlung mit der Oltmanns'schen Erklärung: »Dabei bleibt theoretisch in beiden Fällen« (er spricht von Membran und Kieselsäurenachweis) »die gesamte Struktur der Zellmembran sichtbar, weil, wie bereits erwähnt, beide Komponenten sich durchdringen, in praxi wird sie an den Flußsäurepräparaten wegen der Weichheit der zelluloseähnlichen Masse undeutlich...« nach meinen Experimenten noch zufrieden geben kann, wage ich nicht zu entscheiden.

[4] F. Schütt, Ref. Zeitschr. für wiss. Mikrosk., 1901, XVIII., p. 100.

Digitized by Google

strahlen und als kieselsäurefreie Modifikation derselben erkannt wurden. Nicht minder interessant sind seine[1] Beobachtungen an *Antelminellia gigas*.

2. Für andere Pflanzen.

Ich erlaube mir im Anschlusse gleich mitzuteilen, daß ich mich im Laufe der nächsten Jahre auch mit der Frage der Notwendigkeit der SiO_2 für Equisetaceen, die sich unschwer in Nährlösungen kultivieren lassen, Gramineen und für *Lithospermum* beschäftigen möchte.

Unsere derzeitigen Kenntnisse über die Bedeutung der Kieselsäure für die genannten Pflanzen stützen sich ja, abgesehen von noch zu erwähnenden Arbeiten, im Grunde genommen auf die Erfahrungen von J. Sachs[2] an *Zea Mays*, von Fr. v. Höhnel[3] an *Lithospermum off.* und von C. A. Weber[4] an *Equisetum palustre*, Erfahrungen, von denen ich in Anbetracht der verfeinerten Methode, die uns heute zu Gebote steht, trotz der Zuverlässigkeit der Beobachtungen jener Forscher keine als völlig beweiskräftig ansehen kann. So ist es beispielsweise nicht unwichtig, zu betonen, daß die Pflanze v. Höhnel's, deren kieselfreie Kultur gelang, in einem Glasgefäße kultiviert wurde (nach v. Höhnel soll übrigens SiO_2 durch $CaCO_3$ ersetzt werden können), daß von Sachs die Maispflanze in einem Glase großgezogen wurde und daß C. A. Weber über seine Versuchsanstellung sich überhaupt nicht äußert, sondern der wichtigen Tatsache von der Si-freien Kultur von *Equisetum* bloß mit dem kurzen Satze gedenkt:

»Die Asche aller Equiseten ist sehr reich an Kieselsäure. Daß diese aber auch hier nicht als wesentlicher Nährstoff zu gelten hat, beweist der

---

[1] F. Schütt, zitiert nach Fr. Oltmanns, l. c., 2. Bd., p. 338, 339.

[2] J. Sachs, l. c., 1862, p. 52, 53.

[3] Fr. v. Höhnel, Beitrag zur Kenntnis der Bedeutung der Kieselsäure für die Pflanze. Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Mitt. von Fr. Haberlandt, 2. Bd., 1877, p. 160.

[4] C. A. Weber, Bremen. Der Duwock (*Equisetum palustre*). Berlin, Paul Parey; oder: Arbeiten der Deutschen landwirtschaftl. Gesellsch., Heft 72, 1902 (2. Ausgabe, 1903).

Digitized by Google

Umstand, daß es mir gelang, *Equisetum palustre* ebenso wie *E. arvense* in einer kieselsäurefreien Nährlösung zu guter Entwicklung zu bringen. Der starke Kieselsäuregehalt der Epidermis dieser Pflanzen darf nur als Schutzmittel gegen tierische Feinde und gegen das Eindringen von Schmarotzerpilzen aufgefaßt werden.« — Dabei ist von der Versuchsanstellung keine Rede, auch wird nicht weiter erörtert, worin die »gute Entwicklung« bestand.

Wären die Vorsichten der Paraffinauskleidung der Gefäße angewendet, so wären sie wohl auch erwähnt worden. Ebenso erscheint mir die Frage bei den anderen genannten Pflanzen so lange nicht abschließend beantwortet, so lange nicht unter Anwendung aller oben (p. 37) erwähnten Vorsichten deren Kultur wiederholt wurde.

Es ist auch hier von Interesse, auf die widersprechenden Anschauungen, die gerade in diesem Punkt in der Literatur zu finden sind, aufmerksam zu machen.

Die Entbehrlichkeit des SiO_2 als Nährstoff der höheren Pflanze scheinen anzunehmen:

Sachs:[1] »...und ich zweifle nicht« (er beurteilt seinen oft zitierten Versuch), »daß der Mais ebenso gewachsen wäre, wenn er die 30 *mg* Kieselsäure, die sich aus den Gefäßen auflösten, nicht aufgenommen hätte«.

Jodin,[2] der vier Generationen Mais hintereinander in »kieselsäurefreier« Nährlösung erzog.

Meyer:[3] »...und so scheint der Satz von der Entbehrlichkeit des in Rede stehenden Grundstoffes wenigstens für die höheren Pflanzen ein ziemlich allgemeiner.« — »...wenn wir auf Grund einer großen Reihe von vorliegenden Kulturversuchen zur Behauptung der Entbehrlichkeit des Siliciums für die höheren Pflanzen berechtigt sind«.

Pfeffer:[4] »Die Möglichkeit, Pflanzen in kieselsäurefreier Nährlösung zu ziehen, wurde zuerst von Sachs dargetan. — Die Versuche von Knop u. a. haben die Entbehrlichkeit für andere Getreidearten bestätigt«.

Czapek:[5] »Doch war es erst J. Sachs, welcher mit Hilfe der Wasserkulturmethode experimentell darzulegen vermochte, daß die Kieselsäure völlig entbehrt werden kann.«

---

[1] J. Sachs, l. c., p. 54.

[2] Jodin, 1883. Annales d. Chim. et d. Phys. V., 30, 485 zitiert nach Jost, l. c., p. 106.

[3] A. Meyer, l. c., p. 268 und 270.

[4] W. Pfeffer, l. c., p. 429.

[5] Fr. Czapek, Biochemie der Pflanzen. 2. Bd., 1905, p. 865.

Digitized by Google

Abgesehen von den von Sachs[1] bereits krjtisierten Versuchen von Salm-Horstmar,[2] machen sich dagegen neuerlich Bestrebungen zu gunsten der Anschauung von der Wichtigkeit der Kieselsäure als Nährstoff geltend; vergl. Swiecicki (1900).[3]

Am besten, meine ich, drückt Jost den Stand der Kieselsäurefrage aus, wenn er über das Sachs'sche grundlegende Experiment meint:[4]

»Ganz streng ist der Beweis freilich noch nicht, denn die Asche der Si-frei gezogenen Maispflanze enthält noch immer 0·7% Kieselsäure (anstatt 18 bis 23%), die sie wohl aus dem Glas aufgenommen hat« —

und seine Ausführungen über das Si mit den Worten schließt:[5]

»So können wir zurzeit wohl sagen, daß die großen Massen von SiO_2 bei den Gramineen gewiß entbehrlich sind, wir wissen aber nicht, ob ein gänzliches Fehlen von ihnen ertragen wird.«

Die endgültige Lösung des Problems kann eben, wenn überhaupt, nur auf Grund von Experimenten mit innen paraffinierten Kulturgefäßen oder einer analogen Versuchsanstellung gegeben werden.

II. Die Notwendigkeit des Ca für die Diatomeen Nitzschia Palea und Navicula minuscula.

Seit den Untersuchungen Böhm's[6] über die Notwendigkeit des Ca für die höheren Pflanzen hatte man sich daran gewöhnt, die unbedingte Notwendigkeit des Stoffes für alle pflanzlichen Organismen anzunehmen, um so mehr, als alle Versuche[7] mit

[1] J. Sachs, l. c., p. 54 und 55.

[2] Salm-Horstmar, 1856. Versuche und Resultate über die Nahrung der Pflanzen. Braunschweig 1856, p. 15.

[3] Swiecicki, 1900. Ber. aus dem landw. Inst. Halle, 14; zitiert nach Jost, l. c., p. 107.

[4] L. Jost, l. c., p. 106.

[5] L. Jost, l. c., p. 107.

[6] J. Böhm, Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze. Diese Sitzungsber., Bd. LXXI, I. Abt., April 1875.

[7] Vergl. die Literatur in Portheim's Arbeit.

Digitized by Google

höheren Pflanzen im Böhm'schen Sinne ausfielen. Daß die anscheinend widersprechenden Experimente von Dehérain,[1] nach dem höhere Temperatur das Ca-Bedürfnis aufheben soll, auf Beobachtungsfehlern beruhen, ist von Portheim[2] zweifellos erwiesen worden.

Erst Molisch hat bei der Kultur zunächst von Pilzen[3] und später von niederen Algen[3] verschiedener Familien den Beweis erbracht, daß es Pflanzen gibt, die des Ca für ihre Entwicklung entraten können. Kurze Zeit nach ihm fand Löw[4] dasselbe. Dabei ist zu beachten, daß gewöhnlich Algen, die im System relativ tief stehen, die erwähnte Fähigkeit besitzen und daß andere, wie *Spirogyra* und *Vaucheria*, die man ohne Ca ziehen will, an Ca-Hunger zu Grunde gehen. Ebenso fand Benecke[5] später Algen, die ohne Ca auskommen, während das *Hormidium nitens*, mit dem Klebs[6] gearbeitet hat, Ca braucht.

Es ist also offenbar schon zwischen den Grünalgen die Fähigkeit des Wachstums in anorganischer, Ca-freier Nährlösung sehr verschieden verteilt und der Rückschluß von der einen auf die andere Gruppe im System in dieser Beziehung durchaus unstatthaft. Um wie viel weniger wäre es berechtigt gewesen, auch bei den Diatomeen ein analoges Verhalten vorauszusetzen.

Es erschien somit in Anbetracht der genannten Arbeiten von Molisch[7] und Löw[8] als eine verlockende Aufgabe, die Diatomeen auch nach dieser Richtung hin etwas eingehender zu studieren.

---

[1] M. Dehérain, Nutrition de la plante. Fremy, Encyclopédie chimique, X., 1885, Chimie agricole.

[2] L. R. v. Portheim, Über die Notwendigkeit des Kalkes für Keimlinge, insbesondere bei höherer Temperatur. Diese Sitzungsber., Bd. CX, Abt. I, April 1901, p. [113].

[3] H. Molisch, III., l. c. — I., l. c.

[4] O. Löw, l. c.

[5] W. Benecke, l. c.

[6] G. Klebs, Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896, p. 336. — Oltmanns, l. c., Bd. 2, p. 133, führt das *Hormidium* von Klebs an als Pflanze, die Ca nicht braucht.

[7] H. Molisch, l. c.

[8] O. Löw, l. c.

Digitized by Google

Die diesbezüglichen Ergebnisse an die über das SiO_2 unmittelbar anzuschließen, erscheint mir um so berechtigter, als sie sich auf jene Versuchsreihen stützen, die unter dem Namen »entscheidende Versuche« mitgeteilt sind.

Versuch I zeigt, daß sich in Kolonne 2 (0 Ca+0·01% $K_2Si_2O_5$) vom 25. Mai bis 13. Juni keine Diatomeen entwickelt haben;

Versuch III, daß trotz der langen Versuchsdauer vom 8. August bis 6. September in derselben Kolonne eine Entwicklung unterblieb.

Versuch IV. Dasselbe ist hier für die Kölbchen 2, 3 und 4 zu verzeichnen. Dagegen weist Kölbchen 1 der zweiten Kolonne, das von vorneherein einen Zusatz von 0·01% $CaCl_2$ erhalten hatte, eine herrliche Diatomeendecke auf.

Im Widerspruche mit diesen einheitlich ausgefallenen Experimenten, die auf eine Notwendigkeit des Ca für die Diatomee *Nitzschia Palea* hinweisen, steht nur die Beobachtung, daß nach Neuimpfung des Versuches I am 13. Juni auch in den Kölbchen *B* und *C*, wo ich $CaCO_3$ nicht eigens zugesetzt hatte, am 22. Juni bereits eine deutliche Entwicklung zu bemerken war. Zur Entkräftung dieses Befundes ist hier übrigens noch der Einwand gestattet, daß durch die Dauer des Versuches vom 25. Mai und das Herunternehmen desselben von den Drähten behufs Impfung die Paraffinauskleidung etwas geschädigt worden sein kann, so daß etwas Ca aus dem Glase hätte in Lösung gehen können.

Mit Bezug auf diese Versuchsergebnisse ist es höchstwahrscheinlich geworden, daß die Diatomee *Nitzschia Palea* Ca zu ihrem normalen Gedeihen braucht, wenigstens für den Fall, als $K_2Si_2O_5$ der Stoff ist, der ihr die notwendige Kieselsäuremenge vermittelt und die Stammlösung die gleiche bleibt wie in den behandelten Versuchen.

Wenn wir nämlich in Betracht ziehen, daß jeder Nährstoff nach Miquel[1] und in Anbetracht der Erfahrungen von Löw,[2] in zu großer Menge verwendet, giftig wirken kann, so ließe sich bei der benutzten Versuchsanstellung immer noch sagen, daß bei der Zusammensetzung der Kulturflüssigkeit

$1000\,g\ H_2O$, $0·2\,g\ KNO_3$, $0·2\,g\ PO_4K_2H$, $0·01\%\ K_2Si_2O_5$ und $0·05\,g\ MgSO_4$ pr. M.

[1] P. Miquel, III., Recherches expérimentales sur la physiologie, la morphologie et la pathologie des diatomées. Paris, Annales de Micrographie, Juin-Juillet 1892, p. 2.

[2] O. Löw, Ein natürliches System der Giftwirkungen. München 1893.

Digitized by Google

eine solche Menge von K vorhanden gewesen sein mag, daß das K eben als Gift gewirkt hätte.

In diesem Fall ist der Experimentator in einer unangenehmen Lage, denn auch Versuche mit $Na_2Si_2O_5$ dürften wegen der großen Verwandtschaft beider Basen diese Schwierigkeit kaum beheben.

Das Erstrebenswerteste und Idealste wäre natürlich frisch gefälltes reines SiO_2 als Zusatz zur Nährlösung. Wenn man nun aber die einschlägige chemische Literatur über die Entwässerung der gallertigen Kieselsäure liest und die Dialysierung und Wässerung selbst einmal versucht hat und wenn man dabei bedenkt, daß für alle diese Experimente, so der Versuch exakt bleiben soll, Ca-freies, also dest. dest. Wasser in Ca-freien, also paraffinierten Gefäßen benutzt werden muß, daß das fließende Wasser dest. dest. Wasser sein soil und man zur Destillation so großer Quantitäten ganz unglaublich viel Zeit benötigen würde, wobei man nicht einmal voraussagen kann, daß die Wässerung zum ersehnten Resultate führt, so sinkt der Mut, sich dieser Aufgabe zu unterziehen. Jedenfalls verlangt sie, wenn sie durchgeführt wird, die volle Hingabe und neuerdings eine große Spanne Zeit.

Somit kann ich heute noch kein abschließendes Urteil über die Notwendigkeit des Ca für die *Nitzschia Palea* abgeben, aber das eine glaube ich mit Bestimmtheit wiederholen zu können, daß es höchstwahrscheinlich ist, daß sie eines Ca-Zusatzes zur Nährlösung bedarf.

Dieses Resultat wird auch durch gelegentliche Beobachtungen gestützt, die ich bei weniger exakter Versuchsanordnung erhielt. Stellt man sich z. B. Nährgelatine her, von der die eine ohne Ca-Zusatz belassen, die andere aber mit einem solchen versehen wird, so erscheinen die Kolonien und Kulturen in der Ca-Gelatine viel satter gefärbt und besser entwickelt. Ebenso gelingt es, mit $CaCO_3$-Körnchen auf gewässertem, »anorganischem« Agar positive Auxanogramme hervorzurufen[1] (vergl. diese).

---

[1] Auch einige Bemerkungen Miquel's mögen als Stütze dieser Ergebnisse mit angeführt sein: Nach ihm hätten die Diatomeen gerade für die

Digitized by Google

Ich bin mir in diesem Momente wohl bewußt, daß ich mit dem obigen Ausspruche gerade das Gegenteil sage von dem, was ich in Punkt 5 der Zusammenfassung meiner ersten Arbeit[1] und in der Zusammenfassung der Vorversuchsergebnisse ausgesprochen habe.

Doch ein solcher Meinungswechsel dürfte sehr wohl entschuldbar sein, wenn man bedenkt, daß ich damals bloß mit Agar und Gelatine arbeitete, die einen Zusatz eines Ca-Salzes ganz unnötig erscheinen ließen. Auch die ersten Nährlösungen, die ich benutzte und die ich, noch nicht vertraut mit der großen Genügsamkeit der Diatomeen, im Glaskölbchen stehen ließ, enthalten, wie die betreffenden Tabellen zeigen, noch keinen Ca-Zusatz.

Es reichen eben jene Ca-Mengen, die sich die Nitzschien aus den Glasgefäßwänden lösen, die in gewässertem Agar und in Gelatine, ja jene Spuren, wie sie im gewöhnlichen destillierten Wasser, das normalerweise zur Darstellung der Nährlösung benutzt wird, unvermeidlich sind, aus, um eine Entwicklung zu gestatten.

Salze des Ca und des Na, dann erst des K, eine besondere Vorliebe; die betreffende Stelle lautet:

I., p. 94: »Les sels de soude et de chaux sont ceux pour lesquels les diatomées ont une prédilection speciale; il en est de même, mais à un degré moidre, des sels, de potasse«;

I., p. 127: Wird $CaCl_2$-Zusatz zur Nährlösung angeraten, um den Nitzschien das Übergewicht zu verschaffen.

I., p. 154: Ebenso $CaSi_2O_5$ 0·1 bis 0·2 *g* p. M.

Auch in seiner Mitteilung an die Akademie (Comptes rendus de l'Academie des sciences, t. CXIV, 28 mars 1892, p. 780) bezeichnet er Ca-Salze als sehr fördernd für die Diatomeenentwicklung. — Nach meinen Erfahrungen an Rohkulturen ist der Effekt, den $CaCl_2$ und $K_2Si_2O_5$ im Lichte hervorrufen, ganz überraschend. Während Kontrollkulturen ohne diese Zusätze von Grünalgen intensiv grün gefärbt sind, erscheint bei den genannten Zusätzen der Boden der Kulturgefäße braun von Diatomeen. Auf Karsten's Befund von der Schädlichkeit der Ca-Salze (G. Karsten, Über farblose Diatomeen. Flora, 1901, Ergänzungsbd., p. 412) für Diatomeen wird bei der Reaktion der Nährlösung noch eingegangen werden.

[1] Oswald Richter, l. c., p. 504.

Digitized by Google

Nachdem ich nun durch die neu verwendete Methode, wie sie Molisch bei seinen Algenversuchen benutzte — Auskleidung mit Paraffin, Destillation des destillierten Wassers u. s. f. — eines anderen belehrt wurde, stehe ich nicht an, den damals geäußerten Satz vorläufig zurückzunehmen und den Stand, in dem sich die Frage nach dem Ca-Bedürfnis der Diatomee *Nitzschia Palea* zurzeit befindet, nochmals dahin zu präzisieren:

Es ist höchstwahrscheinlich gemacht worden, daß die *Nitzschia Palea* des Ca für ihre normale Entwicklung nicht entraten kann.

Die Diatomee *Navicula minuscula* scheint ein größeres Ca-Bedürfnis zu haben als die *Nitzschia Palea*, weil man hier schon bei ganz roher Versuchsanstellung klare Resultate erhält.

Am 2. März 1904 wurde ein Versuch mit *Navicula minuscula* in Glaskölbchen ohne Paraffinauskleidung hergestellt.

Stammlösung 1000 T. H_2O, 0·2 *g* KNO_3, 0·2 *g* K_2HPO_4, 0·2 *g* $MgSO_4$, Spur $FeSO_2$, also Ca-frei (I); zur Versuchskolonne (II) wurden dann noch 0·2 *g* $CaSO_4$ p. M. zugesetzt.

Beobachtung am 11. März 1904:

I.	*A* bis *C*.....	0 Entwicklung.
II.	*A*	Deutliche Kolonien.
	B	Zahlreiche deutliche Kolonien.
	C	Spärliche Kolonien.

Beobachtung am 17. März 1904:

I.	*A* bis *C*.....	0 Entwicklung.
II.	*A* bis *C*.....	Boden erscheint braun vom dicken Diatomeenbelag.

Dieses Bild bleibt bis fast zum Versuchsschluß am 19. Mai 1904 erhalten. Am 19. Mai waren im Kölbchen II *B* die Diatomeen bereits im Absterben begriffen.

Ein Eprouvettenversuch gleichen Datums und analoger Versuchsanstellung fiel vollkommen gleich aus.

Darnach kann der Satz, den wir eben für die *Nitzschia Palea* abgeleitet haben, erweitert werden und die Antwort auf die Frage nach dem Ca-Bedürfnis beider Diatomeen lautet also:

Es ist sehr wahrscheinlich geworden, daß beide Diatomeen Ca zu ihrer Entwicklung brauchen.

Digitized by Google

III. Die Notwendigkeit des Mg für die Diatomeen Nitzschia Palea und Navicula minuscula.

Schon die Untersuchungen von Molisch über Pilze[1] und Algen[2] haben ergeben, daß das Mg für die Thallophyten ebenso notwendig ist wie für die höhere Pflanze. Ich habe daher mit der sicheren Erwartung, in Mg-freier Nährlösung keine Diatomeenentwicklung zu erhalten, eine Reihe von Versuchen durchgeführt, die alle erwartungsgemäß ausfielen und von denen zwei Versuche mitgeteilt sein mögen.

Am 15. Mai 1903 wurde eine paraffinfreie Kölbchenkolonne, die aus Kölbchen mit »Ca- und Mg-freier« Nährlösung und Stammlösung $+1/16$, $1/4$. $1/2\,g$ $MgSO_4$ bestand, mit *Nitzschia Palea* geimpft. Am 27. Mai war in der Stammlösung 0, in $1/16$ schwache, in $1/4$ gute und in $1/2\,g$ $MgSO_4$ starke Entwicklung zu bemerken. Am 17. Juni bot sich beziehungsweise verstärkt dem Beschauer das gleiche Bild. In der Mg-freien Nährlösung konnte also keine Entwicklung beobachtet werden.

Am 19. September 1903 wurde ein analoger Versuch mit *Nitzschia Palea* geimpft, am 9. Oktober bemerkte man in der Stammlösung keine, in $1/16$ und $1/4\,g$ $MgSO_4$ sehr starke, in $1/2\,g$ $MgSO_4$ spärliche Entwicklung; in der Folge verstärkte sich dieses Bild.

Die meisten meiner einschlägigen Experimente fallen schon vor meine erste Veröffentlichung,[3] weshalb auch das Resultat schon in diese Publikation mit aufgenommen wurde, dahin lautend, »daß das Mg auch für die Diatomeen absolut notwendig ist«. Dieses Ergebnis finde ich auch in die Referate meiner Arbeit in der »Botanischen Zeitung«, 1904, p. 44, »Bot. Zentr.«, 1904, XCVI., p. 509; »Österr. bot. Zeitschrift«, 1904, LIV., p. 74, und »Naturw. Rundschau«, 1904, p. 152, aufgenommen, leider im »Bot. Zentr.« mit einem »nicht«[4] zu viel, denn dort heißt es p. 510: »Mg ist nicht notwendig«. Mit dieser Bemerkung mag der unangenehme Druckfehler in Heering's Referat berichtigt und die Ergebnisse meiner Untersuchungen

---

[1] H. Molisch, III., l. c.

[2] H. Molisch, I., l. c.

[3] Oswald Richter, l. c. p. 504.

[4] Im Referate nicht gesperrt gedruckt.

Digitized by Google

über die Bedeutung des Mg für die Diatomeen *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* in dem Satze zusammengefaßt sein:

Das Mg ist zur Entwicklung der genannten Diatomeen absolut notwendig.

IV. Über die Notwendigkeit gebundenen N für die Diatomeen Nitzschia Palea und Navicula minuscula sowie deren Fähigkeit, organisch gebundenen Stickstoff im Lichte zu assimilieren.

Beijerinck's[1] und Artari's[2] interessante Versuche, besonders des letzteren Resultate an Stichococcuskulturen bei hohem Leucin- oder Kalisalpeterzusatze ließen es wünschenswert erscheinen, ähnliche Experimente auch mit anderen Algen auszuführen, um diesen Ergebnissen eine möglichst allgemeine Gültigkeit zu verschaffen.

Da nun mit Diatomeen-Reinkulturen bislang in dieser Richtung nicht gearbeitet worden war, erschien es doch der Mühe wert, hier mit eingehenden Untersuchungen einzusetzen, die zunächst die Antwort geben sollten auf die Frage, ob die Diatomeen im stande wären, organisch gebundenen Stickstoff zu assimilieren. Wie wichtig dabei die Verwendung von absoluten Reinkulturen war, leuchtet ein. Ebenso begreiflich erscheint es aber auch, daß sich unwillkürlich mit der einen auch noch eine zweite Frage verquickte, die nämlich, ob die Diatomeen im stande wären, den freien oder atmosphärischen Stickstoff direkt zu verwerten.

Wie bekannt, hat Frank[3] behauptet, daß nicht nur die Leguminosen, sondern alle grünen Pflanzen, also auch die Algen, die Fähigkeit besäßen, elementaren Stickstoff zu assimilieren, und Th. Schloesing d.J. und Em. Laurent[4] schrieben

---

[1] M. W. Beijerinck l., l. c.

[2] Alexander Artari, Über die Bildung des Chlorophylls durch grüne Algen. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., 1902, XX., p. 201.

[3] A. B. Frank, Landwirtschaftl. Jahrbücher, 1888, p. 421 und Ber. d. d. b. G., 1889, p. 34.

[4] Th. Schloesing fils et E. Laurent, Sur la fixation de l'azote libre par les plantes. C. R., 1891, CXIII, 776 et 1059, 1892, CXV, 659 et 732.

Digitized by Google

unter anderen Algen auch der *Nitzschia* diese Fähigkeit zu. Für gewisse Grünalgen haben Kassowitsch[1] und Molisch[2] die Unrichtigkeit dieser Anschauung erwiesen.[3]

Für die Kieselalgen ist meines Wissens die Frage nicht mehr aufgenommen worden, wobei wohl als Hauptgrund der Mangel bakterienfreier Reinkulturen anzusehen ist. Erst in jüngster Zeit, also zwei Jahre nachdem es mir gelungen war, derartige Reinkulturen zu erzielen, bei welcher Gelegenheit ich sofort auf die nun gegebene Möglichkeit, der Stickstofffrage meine Aufmerksamkeit widmen zu können,[4] hingewiesen habe, kündigte sich Treboux[5] mit ähnlichen Experimenten an, weil er sich auch im Besitz absoluter Reinkulturen von Diatomeen befinde. Tatsächlich habe ich auch bei der internationalen botanischen Ausstellung in Wien Reinkulturen aus Treboux's Stammmaterial gesehen. Indem ich nun noch der Hoffnung Ausdruck gebe, daß seine Experimente eine volle Bestätigung meiner Befunde liefern mögen, teile ich wieder wie früher die Ergebnisse tabellarisch mit, um an der Hand der Tabellen die allgemeinen Folgerungen abzuleiten.

Da, wie aus meinen späteren Ausführungen hervorgeht,[6] von einer nennenswerten Vermehrung der Diatomeen im Dunkeln nicht die Rede sein kann, darf es nicht wundernehmen, daß Treboux[7] vorläufig bei seinen Kulturen mit *Navicula exilissima* Grun., *Nitzschia Palea* (Kütz.) W. Sm., *Diatomee* sp. bei gänzlichem Lichtabschlusse keine Resultate hatte. Wenigstens finde ich die Diatomeen, ausgenommen bei der Aufzählung p. 434, in der Arbeit nicht mehr erwähnt.

---

[1] P. Kassowitsch, Untersuchungen über die Frage, ob die Algen freien Stickstoff fixieren. Bot. Zeitg., 1894, p. 97.

[2] H. Molisch, Die Ernährung der Algen I., l. c., p. 11.

[3] Im übrigen vergl. die einschlägige Literatur in Fr. Lafar, Technische Mykologie, Jena 1897, p. 316, und Handbuch der technischen Mykologie, Jena 1904, III. Bd., p. 12.

[4] Oswald Richter, l. c., p. 504.

[5] Treboux O., l. c. p. 571.

[6] p. 94 bis 100.

[7] Treboux O., Organische Säuren als Kohlenstoffquelle bei Algen. B. d. d. b. G. XXIII, 1905, H. 9, p. 432.

Digitized by Google

1. Versuchsanstellung.

Da die Versuchsbefestigung im wesentlichen mit der bekannten übereinstimmt und aus den Tabellen das Notwendige hervorgeht, betone ich nur noch, daß eine Paraffinauskleidung, weil unnötig, in diesen Experimenten wegblieb. Das starke diffuse Licht des verwendeten Nordfensters wurde mit durchscheinendem Papier abgeblendet.

2. Die tabellarische Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

findet sich auf Tafel III.

3. Zusammenfassung der Ergebnisse aus den mitgeteilten Versuchen über die Stickstoffernährung der beiden reinkultivierten Diatomeenspezies.

1. Beide Diatomeen sind im stande, organisch gebundenen Stickstoff zu assimilieren. Am geeignetsten sind Asparagin und Leucin, dann Albumin und Pepton. Mitunter lange bevor in den Kölbchen mit anorganisch gebundenem N irgend eine Spur von Entwicklung zu sehen ist, bemerkt man bereits eine dichte Diatomeendecke bei Asparagin- oder Leucinernährung. Bezüglich des »Glutins für die Technik« scheint einige Vorsicht am Platze, da das chemische Produkt eben nur für die Technik rein und somit nicht vollkommen einwandfrei ist.

2. Der Stickstoff wird von der *Nitzschia Palea* auch ohne Schwierigkeit den Ammonium- und Salpetersäureverbindungen entnommen. Dabei erscheint es nicht von Belang, ob das Ammonium als Chlorid, Sulfat oder Nitrat in Verwendung kommt, dagegen ist das Tartrat, auch das neutrale, unvorteilhaft und Ammoniumcarbonat gestattet überhaupt keine Entwicklung. Der Grund dafür dürfte in dem bei der Sterilisation frei gewordenen NH_3 liegen.

3. Auffallend ist das vollkommene Unterbleiben jedweder Entwicklung der *Navicula minuscula* in Nährlösungen mit den

Digitized by Google

genannten Zusätzen. Daraus wäre der Schluß berechtigt, daß diese Diatomee unter meinen Versuchsbedingungen die Ammoniumsalze nicht verwerten kann.

4. Kalisalpeter hat sich schon früher für die *Nitzschia* als gute Stickstoffquelle erwiesen. Die *Navicula* gedieh auch in den »Salpeterkölbchen« nicht. Es erscheint dies um so auffälliger, als sie auf dem »anorganischen Agar«, das Kaliumnitrat enthält, gut fortkommt. Ob dabei die im Agar trotz der Wässerung gewiß noch vorhandenen Spuren von organischen Stickstoffverbindungen oder das festweiche Substrat das Ausschlaggebende sind, wage ich nicht zu entscheiden (vgl. auch p. 54).

5. Von den Kölbchen ohne N-Zusatz zeigt im *Navicula*-Versuche keines eine Entwicklung, dagegen war in einigen bei den Versuchen mit Nitzschien eine dünne Haut von Diatomeen zu sehen. Den Schluß daraus ziehen zu wollen, daß die *Nitzschia* demnach im stande wäre, den elementaren Stickstoff zu assimilieren, halte ich aber für unberechtigt, da eben gezeigt wurde, daß der Stickstoff auch der Ammoniumsalze verwertet werden kann und die »N-freie« Nährlösung während der langen Versuchszeit, während welcher sie an den Fenstern des Laboratoriums hing, sattsam Gelegenheit hatte, NH_3-Dämpfe u. s. f. zu absorbieren.

Diese geringe Entwicklung der Diatomee auf die gasförmigen Verunreinigungen der Luft zurückzuführen, erscheint umso gerechtfertigter, als aus den Versuchen von Rullmann[1] mit Nitrobakterien bereits hervorgeht, wie vorsichtig man bei der Beurteilung von im Laboratorium angestellten Experimenten über *N*-Ernährung sein muß.

6. Von ausschlaggebender Bedeutung ist die Konzentration der verwendeten N-Verbindung. Während beispielsweise im ersten Versuche bei Pepton als N-Quelle bei den verwendeten Konzentrationen von 1, 5 und 10 p. M. gar keine Entwicklung zu konstatieren war, kann man im zweiten mitgeteilten Versuche bei 0·1% doch ein recht gutes Gedeihen bemerken und es ist sehr wahrscheinlich, daß bei weiterer

[1] Rullmann W., Der Einfluß der Laboratoriumsluft bei der Züchtung von Nitrobakterien. Z. f. B. u. P. 1899, 2. Abt., V, p. 212 und 713.

Digitized by Google

Verdünnung ein noch besseres Wachstum hätte beobachtet werden können. Eiweiß wird bis 0·1% vertragen und erlaubt ein ganz prachtvolles Gedeihen bei dieser Konzentration. Bei Asparagin und Leucin ist der Spielraum bedeutend größer, vorläufig ist er mit 0·1% als untere und 1% als obere Grenze noch nicht abgesteckt. Die anorganischen Stickstoffquellen müssen alle sehr verdünnt geboten werden. 0·5 und 1% sind entschieden zu konzentriert, 0·1% gestattet eine prachtvolle Entwicklung und $^n/_{100}$ scheint zum mindesten gleich gut geeignet.

4. Frühere Erfahrungen über Stickstoffernährung.

Mit diesen Ergebnissen stehen auch noch eine Reihe weiterer Erfahrungen, wie sie bei derartigen Untersuchungen gelegentlich gemacht werden, und andere nicht mitgeteilte, ich möchte sagen: Vorversuche, endlich die Ergebnisse meiner ersten Diatomeenarbeit in gutem Einklang.

Schon damals konnte ich hervorheben, daß es nicht notwendig ist, zur Darstellung der »Diatomeengelatine« einen eigenen Nitratzusatz[1] zu verwenden, was ich heute dahin ergänzen möchte, daß man zur käuflichen feinsten weißen Gelatine überhaupt nichts zuzusetzen braucht und daß sie so, wie sie ist, nach Neutralisation und Klärung zur Diatomeenkultur verwendet werden kann.

Wenn dies nun freilich vorläufig nur beweist, daß alle notwendigen Nährsalze schon in der Gelatine vorhanden sind, so scheint mir doch der Umstand, daß die nämliche Gelatine von den Diatomeen gelöst wird, sehr dafür zu sprechen, daß die Diatomeen sich nicht bloß auf jene Spuren anorganisch gebundenen Stickstoffes beschränken, sondern auch, weil er ihnen zur Verfügung steht, wie in den mitgeteilten Versuchen den organisch gebundenen Stickstoff des Kulturmediums verwerten.

Bereits bei Behandlung des SiO_2 und Ca wurde der großen Bedeutung des $CaSiO_3$ sowie der Vereinigung von $CaCl_2$ und $K_2Si_2O_5$ in Nährlösungen für die Kieselalgen ge-

[1] Oswald Richter, l. c., p. 497.

Digitized by Google

dacht. Bei meinen ersten Stickstoffversuchen, die im September 1903 und im Februar 1904 durchgeführt wurden, kannte ich diese fördernde Wirkung noch zu wenig und wußte nur, daß die Diatomeen in Glaskölbchen einen derartigen Zusatz nicht brauchen. Erst bei den mitgeteilten Experimenten wurde durch $CaSi_2O_5$-Zusatz im ersten und durch $CaCl_2$ und $K_2Si_2O_5$-Zusatz im zweiten diesen Erfahrungen Rechnung getragen.

Wenn ich mir nun zwar bei meinen Vorversuchen in der Stickstofffrage den Einwand machen kann, daß nie die Kölbchen eines Versuches so einheitlich aus demselben Glase gleicher Zusammensetzung und Lösbarkeit gemacht sein können und so durch die verschiedenen Lösungsbedingungen und den damit gegebenen Schwierigkeiten der Beschaffbarkeit von Ca und SiO_2 erhebliche Versuchsfehler möglich sind, so scheint es mir doch auffällig, daß in beiden Vorversuchen gerade im Leucin, und zwar keine schwache Entwicklung stattfand, während in den andern Kolonnen Stammlösung, Asparagin, Ammoniumtartrat, Ammoniumsulfat, Ammoniumnitrat, Kalisalpeter und Pepton keine zu beobachten war. Da sich Leucin auch später so ungemein wachstumsfördernd gezeigt hat, stehe ich nicht an, auch diese Beobachtungen trotz ihrer oben angedeuteten Mängel als Stütze für die Assimilierbarkeit organisch gebundenen Stickstoffes durch Diatomeen anzusehen.

Wie aus der Zusammenfassung der Ergebnisse der Stickstoffversuche hervorgeht, ist es unwahrscheinlich, daß die Diatomeen den freien Stickstoff zu verwenden vermögen. Jene Spuren von Ammoniak, Salpetersäure u. s. f., die in der Laboratoriumsluft unvermeidlich sind, mögen jenen kümmerlichen Ansatz dazu erklären, den man in den Stammlösungen mitunter wahrnimmt. Das setzt nun eine sehr große Genügsamkeit der Kieselalgen in dieser Beziehung voraus und dafür noch eine Illustration.

Auf ein Agar von folgender Zusammensetzung:

1000 Teile destilliertes Wasser

0·05 *g*	$MgSO_4$
0·01 *g*	$K_2Si_2O_5$
0·2 *g*	K_2HPO_4
Spur	$FeSO_4$

Digitized by Google

wurde am 1. März 1905 in vier Eprouvetten für Strichkulturen *Nitzschia Palea* geimpft und die geimpften Kulturen ans Fenster ins gute diffuse Licht gehängt. Der Kontrollversuch enthielt noch $0 \cdot 2\,g$ KNO_3.

Versuch.

Am 7. März: Eprouvette 1 zeigt die erste deutliche Entwicklung.
» 11. » » 4 » » » » »
» 14. » » 2 und 3 zeigen die erste deutliche Entwicklung.

In der Folge kann man in den Eprouvetten ganz allgemein eine hellbraune, aber dichte Diatomeendecke wahrnehmen.

Kontrollversuch. Auch bei ihm begann die Entwicklung am 7. März. Doch erscheinen die Kulturen tiefbraun und kräftig.

Dieses Experiment lehrt also in Übereinstimmung mit den andern, daß die *Nitzschia Palea* mit jenen Spuren von N, die noch im gewässerten »anorganischen« Agar vorkommen, beziehungsweise die ihr durch die Verunreinigungen der Luft zugeführt werden, ihr Auslangen findet; zeigt sie, so gezogen, zwar nicht entfernt ihre gewohnte Üppigkeit, so ist ihr Fortkommen doch zweifellos.

Es lassen sich somit die Resultate der Untersuchungen über das Verhalten der Diatomeen *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* zum gebotenen Stickstoff in folgendem Satze zusammenfassen:

Die beiden Diatomeen vermögen organisch und anorganisch gebundenen Stickstoff zu assimilieren, den freien, nicht gebundenen wahrscheinlich nicht.

Dieses mit bakterienfreien Reinkulturen von Diatomeen erhaltene Resultat wird gewiß bedeutend gestützt werden und die Folgerungen an Berechtigung gewinnen, wenn es gelänge, Versuche anderer mit Diatomeen und andern Algen namhaft zu machen, die zu ganz ähnlichen Ergebnissen geführt haben ohne Rücksicht darauf, ob Reinkulturen vorlagen oder nicht; dabei bin ich mir, soweit auf Rohkulturen Bezug genommen wird, selbstverständlich des bloß bedingten Wertes einer solchen Beweisführung bewußt.[1] So stellte sich bei den Untersuchungen

[1] Man vergl. dazu die Bemerkung Fr. Oltmanns', l. c., II. Bd., p. 155: »Immerhin absolut sichere Resultate geben nur Kulturen, welche nicht bloß

Digitized by Google

Karsten's[1] in Übereinstimmung mit meinen Versuchen unter andern Nährlösungen die Verbindung von Asparagin und Traubenzucker als sehr günstig für die Diatomeenentwicklung auch für die im Dunklen heraus. Asparagin wird nach Zumstein[2] auch von Euglenen, nach Pampaloni[2] von *Protococcus caldariorum*, nach Beijerinck[3] von *Chlorella* und nach Artari[4] von *Parmelia parietina* assimiliert. Auch Beijerinck's[3] Peptonalgen können hier zum Vergleiche herangezogen werden. Stickstoffhaltige organische Verbindungen förderten Miquel's[5] Diatomeenkulturen und, wenn wir uns auch nicht mit seiner Folgerung, die Substanzen, die man diesen Algen gibt, müssen stickstoffreich sein, wie sie in der Klasse der Albumoide zusammengefaßt sind,

»Les substances à donner à ces algues doivent donc être surtout azotées, et faire partie de la classe des corps quaternaires appelés albuminoides«[5]

einverstanden erklären werden, so ist doch die Übereinstimmung seiner Ergebnisse mit meinen Versuchskolonnen über Eiweißernährung beachtenswert.

Dagegen erweist sich die Ernährung mit Pepton in meinen Versuchen nicht so fördernd, daß ich meine Diatomeen auch Peptonalgen nennen könnte, wie er es tut.

Auf der andern Seite scheint er mit Ammoniumsalzen keine befriedigenden Resultate erzielt zu haben, was anscheinend daraus hervorgeht, daß er in seinen Rezepten den Zusatz von NH_4-Verbindungen für Diatomeenrohkulturen geradezu abrät.[6] p. 94 erklärt er sie direkt für schädlich:

»...quand aux sels ammoniacaux très souvent ils leur sont nuisibles«.

---

eine Algenspezies enthalten, sondern auch völlig frei von Bakterien sind; sie sind besonders unentbehrlich, wenn es sich um die Wirkungen organischer N-Verbindungen handelt.«

[1] G. Karsten, l. c., p. 412.

[2] Die einschlägige Literatur vergl. in Fr. Oltmanns, l. c., II. Bd., p. 157 bis 159.

[3] M. W. Beijerinck, I., l. c.

[4] A. Artari, l. c.

[5] P. Miquel, III, l. c., Juin-Juillet, 1892, p. 1, und Mars 1892, p. 1. Vergl. auch W. Benecke, l. c., p. 567.

[6] P. Miquel I, p. 153; II, p. 780. Enfin les sels amoniacaux, notamment l'azotate d'ammoniaque — entravent la végétation —.

Digitized by Google

Um so auffallender ist die Empfehlung von NH_4Cl durch Beijerinck[1] als Zutat zur Nährflüssigkeit, ein Ratschlag, mit dem meine Ergebnisse harmonieren.

Bezüglich der übrigen Literatur über die Assimilierbarkeit von NH_4-Verbindungen und Nitraten durch Grünalgen vergl. Fr. Oltmanns, II. Bd., l. c., p. 135 u. f.

Daß natürlich die farblosen Diatomeen, wie sie Cohn[2] und Provazek[3] beobachteten und Benecke[4] und Karsten[5] in Kultur hatten, auf organische Ernährung auch mit organischen Stickstoffverbindungen angewiesen sind, dürfte nicht wundernehmen. Bezeichnend aber scheint, daß das Bedürfnis nach organischer Substanz so ausgeprägt ist, daß es sich bei geeigneter Versuchsanstellung in Chemotaxis[2] verrät.

Eine besondere Erwähnung verdient außerdem die bei organischer Ernährung auftretende,[6] von Miquel, Benecke und Karsten festgestellte Reduktion der Chromatophoren bei saprophytischer Lebensweise.

Ich kann mich nicht des Gedankens erwehren, daß diese Chromatophorenreduktion eine pathogene, durch die Bakterientätigkeit bedingte Erscheinung ist. Damit ließe sich die von Karsten beobachtete Vergrößerung der Chromatophoren beim Übertragen von Diatomeen aus der organischen in eine anorganische Nährlösung ganz gut in Einklang bringen. Denn mit dem Momente des Übertragens[7] wird in der anorganischen Lösung die Entwicklung der Bakterien ungemein gehemmt und die Vergrößerung des Chromatophors bis zur normalen Gestalt würde verständlich. Wie man sich nun diese Bakterienwirkung zu denken hätte, entzieht sich vorläufig unserer Beurteilung, es könnte ebenso an eine zerstörende wie eine

---

[1] M. W. Beijerinck, II, l. c., p. 29.

[2] F. Cohn, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der mikroskopischen Algen und Pilze. Verh. d. k. Leopold-Carol. Akad., 1854.

[3] S. Provazek, *Synedra hyalina*, eine apochlorotische Bacillarie. Österr. bot. Zeitschr., L. Jg., März 1900, p. 69. Die übrige Literatur vergl. bei [4] und [5].

[4] W. Benecke, l. c., p. 536/537, 561, 565.

[5] G. Karsten, l. c., p. 425.

[6] G. Karsten, l. c., p. 424.

[7] G. Karsten, l. c., p. 424.

Digitized by Google

die saprophytische Lebensweise der Diatomeen fördernde gedacht werden. Es wäre ja nicht unmöglich, daß die Bakterien Spaltungsprodukte der organischen Substanzen liefern, die für die Diatomeen besonders mundgerecht sind und sie erst zur vollkommen saprophytischen Lebensweise, mit der Entfärbung Hand in Hand gehen könnte, befähigen. Für die Glyzerinernährung[1] nimmt Karsten sogar selbst Ähnliches an.

Tatsache ist, daß ich bisher bloß in einer »Rohkultur« auf mit anorganischer Nährlösung getränktem Filtrierpapiere Karsten's farblos gewordene Nitzschien gesehen habe, nie in einer meiner absoluten Reinkulturen. Ich komme noch später darauf zurück, daß mir in Übereinstimmung hiemit die Erzielung von üppigen Dunkelkulturen von Kieselalgen völlig mißlang, womit natürlich nicht gesagt sein soll, daß es bei glücklicher Wahl und Kombination verschiedener organischer N- und C-Quellen schließlich doch einmal gelingen sollte, braune Kieselalgen zur saprophytischen Ernährungsweise auch in Reinkulturen zu bringen. Meiner Erklärung widerspricht auch nicht die Angabe[2] Karsten's von der rascheren Reduktion der Chromatophoren im Licht als im Dunklen. Man braucht nur seine Erklärung von der sich rasch vergrößernden Individuenzahl mit meiner zu verquicken. Die Diatomeen haben danach sozusagen keine Zeit, sich unter Hemmung durch die Bakterien der Chromatophorbildung rasch genug zu widmen.

Wie weit die auch von Karsten[3] zitierte Stelle aus Miquel's[4] Arbeit damit in Einklang zu bringen sein wird, müssen erst neue Versuche lehren; in allen Fällen aber, wo er bei der Wärme-,[5] Sublimat-[6] und Karbolsäurewirkung[6] auf »farblos gewordene« bewegliche Diatomeen zu sprechen kommt, scheint er mit Rohkulturen gearbeitet zu haben. Ebenso arbeitete Benecke[7] bloß mit Rohkulturen.

---

[1] G. Karsten, l. c., p. 420.
[2] G. Karsten, l. c., p. 414.
[3] G. Karsten, l. c., p. 409.
[4] P. Miquel, II., l. c., p. 170.
[5] P. Miquel, III., l. c., Mars 1892, p. 15.
[6] Derselbe, III., l. c., Juin-Juillet, 1892, p. 5 und p. 13.
[7] W. Benecke, l. c., p. 562.

Digitized by Google

Meine Untersuchungen haben also in Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen an Grünalgen und Diatomeen, abgesehen von einigen Differenzen in damit zusammenhängenden Fragen, gezeigt, daß die Kieselalgen organisch gebundenen Stickstoff direkt zu assimilieren im stande sind.

Dieses Ergebnis läßt es nicht unpassend erscheinen, an dieser Stelle die Flußreinigungsfrage zu berühren.

5. Ausblick auf die Bedeutung der Diatomeen für die Flußreinigung.

Seit den Untersuchungen von Mez,[1] Kolkwitz und Marsson,[2] Strohmayer[3] und Schorler[4] hat man den Grünalgen eine große Bedeutung bei der Flußreinigung zuerkannt, indem man sich vorstellte, daß einerseits durch ihre O-Entbindung beim Assimilationsgeschäfte die organischen Substanzen oxydiert und andrerseits auch von ihnen direkt aufgenommen würden.

Durch die Untersuchungen von Beijerinck, Artari und vielen anderen[5] ist die Aufnahme organischer Sticktoffsubstanzen seitens der Grünalgen zweifellos festgestellt und es so wahrscheinlich gemacht worden, daß diese auch durch direkte Verwertung der stickstoffhaltigen Verunreinigungen des Wassers zur Flußreinigung beitragen mögen. Nun erscheinen aber die Grünalgen erst im Juni und Juli in ihrem Optimum der Entwicklung, wo schon die Lichtstrahlen allein wegen der erlangten Intensität ihre bakterientötende und somit säubernde Wirkung im Flußwasser geltend machen können,[6] im Februar und März aber,

---

[1] C. Mez, Mikroskopische Wasseranalyse. Berlin 1898.

[2] R. Kolkwitz und M. Marsson, Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Sonderabd. »Mitt. d. kgl. Prüfungsanstalt f. Wasservers. u. Abwässerbeseitigung«, Heft 1. Berlin 1902.

[3] O. Strohmayer, Die Algenflora des Hamburger Wasserwerkes. Leipzig 1897.

[4] B. Schorler, Die Vegetation der Elbe bei Dresden und ihre Bedeutung für die Selbstreinigung des Stromes. Zeitschrift für Gewässerkunde 1898, H. 2, p. 100 und 108.

[5] Vergl. die frühere Literaturzusammenstellung.

[6] Fr. Lafar, Technische Mykologie. Jena 1897, 1. Bd., p. 74.

Digitized by Google

wo die Lichtstrahlen noch ungemein schräg die Wasserläufe treffen und ihre Intensität noch eine sehr geringe ist, zeigen sich die Grünalgen gewöhnlich nicht oder bloß spärlich, so daß ihre reinigende Wirkung in diesen Monaten weder als kohlensäureassimilierende noch als organisch gebundenen Stickstoff verdauende Lebewesen in Betracht kommt. In dieser Zeit sind es, wie Ruttner[1] jüngst wieder gezeigt hat, gerade die Diatomeen und unter diesen die *Synedra ulna*, die in so ungeheuren Mengen im Flußwasser auftritt, daß man in 50 *l* Wasser der Wasserleitung rund 2,000.000 Diatomeen zählt. Gewiß werden diese Algen durch die Entbindung von O zur Reinigung des Wassers mitbeitragen. Wenn wir aber bedenken, daß es für zwei Diatomeen, die *Nitzschia Palea* und die *Navicula minuscula*, gelungen ist, nachzuweisen, daß sie organisch gebundenen Stickstoff zu assimilieren vermögen, so dürfte die Behauptung nicht ungerechtfertigt sein, daß wir in den Diatomeen bisher noch nicht hinreichend gewürdigte Förderer der Flußhygiene zu erblicken haben.[2]

V. Über die Assimilation von Kohlehydraten durch die Diatomeen Nitzschia Palea und Navicula minuscula.

1. Versuche mit Gelatine.

Die interessanten Untersuchungen von Miquel[3] über die Chromatophorenreduktion der Diatomeen bei organischer Ernährung, im besondern bei der mit Kohlehydraten und Alkoholen, die sich durch »Farbloswerden« der Diatomeen im Lichte verriet, und die von Karsten[4] bei Licht- und Dunkelkulturen in mit Bakterien verunreinigten Nährmedien organischer Natur

---

[1] Fr. Ruttner, Mikroflora der Prager Wasserleitung. Arch. d. naturw. Landesdurchforsch. in Böhmen, 1906. Vergl. auch Fr. Oltmanns, l. c., II. Bd., p. 206.

[2] Es erscheint nicht unpassend, hier auf Marsson's Auffassung von der Mesosaprobennatur der *Nitzschia Palea* hinzuweisen.

[3] P. Miquel, II., l. c., p. 170.

[4] G. Karsten, l. c., p. 421 bis 424.

Digitized by Google

beobachtete Chromatophorenreduktion, beziehungsweise das festgestellte Verblassen und Ausbleichen der Chromatophoren ließen es wünschenswert erscheinen, die betreffenden Beobachtungen mit den rein gezüchteten Kieselalgen zu überprüfen.

Daß sich gerade, was das Verblassen anlangt, große Differenzen zwischen den Versuchen der genannten Forscher und meinen Beobachtungen ergaben, werden die folgenden Mitteilungen dartun, womit sie gleichzeitig als Stütze der früher geäußerten Anschauung von der Bakterientätigkeit beim Verblassen von Diatomeen angesehen werden können. Es sei mir nur noch gestattet, ein Zitat aus Karsten's Arbeit anzuführen, das im selben Sinne wirken dürfte:

»Das Glyzerin (2%) wird daher hier in mehr oder weniger hohem Grade zersetzt worden sein und seine Zersetzungsprodukte wurden von den Diatomeen aufgenommen. Als nun diese Individuen in eine frische Glyzerin-(2%) Nährlösung überimpft waren, fanden sie veränderte Verhältnisse vor, denen sie minder gewachsen waren. Sie antworteten mit Vergrößerung der stark reduzierten Chromatophoren. Mit der Zeit ging aber auch in den neuen Objektträgerkulturen eine Bakterienvermehrung und Glyzerinzersetzung von statten, die besonders nach Zufügung neuer Glyzerinnahrung sich steigerte, da die Bakterien nicht entfernt worden waren. Eine erneuerte Entfärbung der Diatomeen durch Verkleinerung und Abblassen ihrer Chromatophoren war die Folge.«

a) Versuchsanordnung.

Zu einer Stammgelatine der normalen Zusammensetzung 1000 *g* H_2O, 0·2 *g* K_2HPO_4, 0·2 *g* $MgSO_4$, Spur $FeSO_4$ wurde in dem Verhältnis, wie es Artari[1] tat, Erythrit, Mannit, Dulzit, Milchzucker, Traubenzucker, Lävulose, Rohrzucker, Maltose, Inulin und Glyzerin zugesetzt. Je acht Eprouvetten waren immer mit der gleichen Substanz gefüllt und je vier davon mit *Nitzschia Palea*, die vier anderen mit der *Navicula minuscula* geimpft worden. Es bestand also ein *Nitzschia*- ebenso wie ein *Navicula*-Versuch aus 44 Eprouvetten.

Indem ich nun die detaillierten Notizen über den Beobachtungsverlauf übergehe, verweise ich bloß auf die Photo-

[1] A. Artari, l. c., p. 204.

Digitized by Google

graphien (Nr. 4 und 5), die von dem am 6. Oktober 1903 geimpften Nitzschienversuch am 22. Oktober, vom *Navicula*-Versuch am 10. November hergestellt wurden. Es wurde dabei immer je eine Eprouvette von den vier gleich ausgefallenen einer Kolonne verwendet.

b) Versuchsergebnisse.

Die Betrachtung der Photographien wird schon folgendes klar erscheinen lassen, was am 15. Oktober beobachtet und notiert wurde:

1. Optima für das Gedeihen der Diatomee *Nitzschia Palea* bieten Mannit, Dulzit, Traubenzucker, Rohrzucker und Inulin.

2. Die *Nitzschia*-Kulturen zeigen in der Mannitgelatine bereits starke Einsenkungen, während sie bei den anderen Nährstoffen oberflächlich liegen. Es spricht dies für eine starke Produktion des gelatinelösenden Fermentes unter diesen Bedingungen.

3. Einsenkungen traten auch in der Erythrit- und Dulzitgelatine auf.

Da die Alkohol-, Erythrit-, Mannit-, Dulziternährung in Gelatine auffallende, die Glyzerinernährung mäßig starke Korosionen hervorbringt, die mit Lävulose und Milchzucker nur Spuren davon, bei Fütterung mit Inulin, Rohrzucker und Traubenzucker die Gelatine aber viel, viel später verflüssigt wird,[1] erscheinen im allgemeinen Alkohole dieser Verflüssigung günstiger zu sein.

4. Die Nährböden, die Milchzucker enthalten, scheinen für die *Navicula* nicht wesentlich fördernd auf das Wachstum einzuwirken, denn im großen und ganzen stimmen ihre Kulturbilder mit denen auf der Stammgelatine überein; dagegen kann man Milchzucker für die *Nitzschia* und Lävulose für beide

[1] Vergl. Auerbach's in Bezug auf Zucker ähnlich lautende Erfahrungen mit Pilzen und Bakterien. Archiv d. Hygiene, XXXI, 4.

Digitized by Google

Diatomeen in der betreffenden Konzentration als wachstumshemmend bezeichnen.

5. Die Färbung der Nitzschien auf Inulin-, Mannit- und Dulzitgelatine ist besonders intensiv braun.

6. Was eben von der *Nitzschia Palea* gesagt wurde, gilt mutatis mutandis auch für die *Navicula minuscula*. Auch sie fördert der Mannit, doch ist die Gelatinelösung nicht in der gleichen Zeit zu bemerken. Traubenzucker scheint nicht besonders günstig. Wegen des langsameren Wachstums wurde der *Navicula*-Versuch erst am 10. November photographiert.

2. Versuche mit Nährlösungen.

a) Versuchsanstellung.

Auch hier dürfte die Versuchsanstellung aus dem bereits Mitgeteilten und mit Berücksichtigung der Tabellen verständlich sein. Ich erwähne nur, daß ich wie bei den Stickstoffversuchen die Paraffinauskleidung unterließ. Im ersten Versuch unterblieb noch ein Zusatz von $CaSi_2O_5$, im zweiten wurde je 0·05% $CaSi_2O_5$ zugesetzt. Im ersten großen Versuch wurden Kölbchen mit je 70, im zweiten mit je 100 cm^3 Stammlösung verwendet. Die Stammlösung war natürlich eine komplette anorganische Nährlösung, im ersten Falle ohne, im zweiten mit Ca- und Si-Zusatz. Neben dem ersten Versuch wurde mit den damals verwendeten Flüssigkeiten auch ein Eprouvettenversuch von 44 Eprouvetten mit *Nitzschia Palea* geimpft. Doch hat sich diese Art der Versuchsanstellung wegen der zu geringen Salzmengen, die dann in 10 cm^3 Flüssigkeit vorkommen, als unpraktisch herausgestellt.

b) Die Tabellen zu den durchgeführten Kohlehydratversuchen

finden sich auf Tafel IV.

Digitized by Google

c) Zusammenfassung der Ergebnisse der Kohlehydratversuche mit Nährlösungen an Nitzschia Palea.

1. In übereinstimmender Weise macht sich die fördernde Wirkung von Inulin, Mannit, Dulzit und Rohrzucker geltend. Im zweiten Versuche kommt dazu noch die durch Traubenzucker, Glyzerin und Glykogen. Für die kleinen Differenzen möchte ich die $CaSi_2O_5$-Zusätze beim zweiten Versuche verantwortlich machen. Die Förderung zeigt sich immer bereits darin, daß tagelang, bevor man in der Stammlösung auch nur eine Spur von Entwicklung wahrnahm, in den Kölbchen mit den gewissen Zusätzen zum mindesten schöne Kolonien, wenn nicht dichte Beläge von Diatomeen beobachtet werden konnten.

2. Lävulose und Maltose scheinen ungünstig zu wirken,

3. Milchzucker und Galaktose indifferent zu sein.

4. Auch die Ergebnisse des Eprouvettenversuches stehen damit in gutem Einklang.

5. Im Inulin und Traubenzucker erscheinen die Nitzschien tiefer braun. Es scheint also eine Förderung in der Phäophyllbildung[1] bei Ernährung mit diesen Stoffen einzutreten.

6. Beachtenswert ist wieder die Tatsache, daß die verschiedenen Konzentrationen, in denen die Zusätze erfolgten, ähnlich wie bei den Stickstoffversuchen für die Entwicklung von ausschlaggebender Bedeutung sind. So scheint *Nitzschia Palea* beim Rohrzucker die höheren, bei Glyzerin die tieferen Konzentrationen vorzuziehen, während ihr beim Mannit gerade die verwendete mittlere Konzentration von $0{\cdot}5\%$ am meisten zusagt.

7. Auffallend ist der geringe Ertrag beim Erythrit in Anbetracht der früher mitgeteilten Gelatineversuche. Während nämlich in allen anderen Punkten eine schöne Harmonie zwischen diesen und den neuen Versuchen besteht, muß man sie hier um so mehr vermissen. Wenn also nicht irgend ein Versuchsfehler mit hereingespielt hat, so wäre daran zu denken,

---

[1] H. Molisch, Über den braunen Farbstoff der Phäophyceen und Diatomeen. Bot. Zeitg., 1905, p. 131.

Digitized by Google

daß es auch bei der *Nitzschia Palea* nicht gleichgültig ist, welche Stickstoffquelle ihr neben der Kohlenstoffquelle geboten wird. Hier war der Stickstoff als Kaliumnitrat vorhanden, dort aber stand ihr der organisch gebundene Stickstoff der Gelatine zur Verfügung. Daß eine solche Beziehung zwischen Stickstoff- und Kohlenstoffquelle bestehen könnte, geht ja schon aus der Fülle von Erfahrungen an anderen Mikroorganismen,[1] auch an Grünalgen[2] hervor, wo es auch nicht gleichgültig blieb, ob man bei Zuckerernährung Pepton oder Nitrat, bei Nitraternährung Glykose oder Saccharose verwendete. Hier müßten neue umfassende Versuche einsetzen, wobei die »Verschiebung des Nahrungsbedarfes mit anderen Lebensbedingungen«[3] nicht außer Acht gelassen werden dürfte.

8. Die bleichende Wirkung von Mannit und Kalisalpeter, wie sie Artari[4] bei Grünalgen fand, und die Chromatophorenreduktion, wie sie Miquel[5] in Zucker, Glyzerin, Alkohol, Salzen organischer Säuren und in Karbolsäure[6] und Karsten[7] in seinen Nährmedien bei Diatomeen feststellten, konnte in analogen Versuchen bei meinen Diatomeenreinkulturen nie beobachtet werden.

Die Ergebnisse beider Versuchsreihen über die organische Ernährung der rein gezüchteten Diatomeen lassen also folgende kurze Fassung zu.

Beide Diatomeen vermögen außer der Kohlensäure der Luft im Lichte auch den organisch gebundenen Kohlenstoff zu assimilieren.[8]

---

[1] F. Lafar, l. c., II. Aufl. 1904, Bd. III, H. 1, p. 14.

[2] Fr. Oltmanns, l. c., II. Bd., p. 158 bis 159.

[3] W. Benecke, l. c., p. 568.

[4] A. Artari, l. c., p. 204.

[5] P. Miquel, II., l. c., p. 170.

[6] P. Miquel, III., l. c., Juin-Juillet 1892, p. 13.

[7] G. Karsten, l. c., p. 409 bis 412. Man vergleiche das bei den Stickstoffversuchen Gesagte.

[8] Man vergleiche damit die Abhängigkeit der farblosen Diatomeen von der organischen Ernährung in W. Benecke, l. c., p. 568.

Digitized by Google

VI. Über das Verhalten der Diatomeen Nitzschia Palea und Navicula minuscula gegen den atmosphärischen und den von der Nährsubstanz absorbierten Sauerstoff.

Die Meinungen über das Sauerstoffbedürfnis der Diatomeen sind sehr geteilt. Während beispielsweise auf der einen Seite Macchiati[1] für ein solches eintritt, wird es auf der anderen Seite von Miquel[2] auf das allerentschiedendste bestritten.

Macchiati behauptet geradezu, daß die Diatomeen den O wie die Bakterien an der Oberfläche holen kommen.

»On ne trouve rien à cet égard, si ce n'est cette découverte, qui fera peu dejáloux, que les diatomées ont besoin d'oxygène libre pour vivre, et qu'elles viennent le chercher à la surface des liquides, comme les bactéries. D'abord, il n'est pas exact que les diatomées viennent à la surface des cultures, elle vivent au contraire dans les depôts et contre les parois submergées des vases; d'autre part, les botanistes avaient cru ques les diatomées loin d'avoir besoin d'oxygène gazeux en dégagaient comme élement résiduaire de leur nutrition —«.[2]

Der Sauerstoff soll nach Miquel[3] bloß die Aufgabe haben, die Diffusion gewisser in seinen Kulturen entstehender schädlicher Gase zu verhindern.

»L'accès de l'air, à la surface du liquide des cultures est necessaire, non pour fournir des éléments fécondants aux diatomées, mais surtout pour amener la diffusion de certaines gaz toxiques, notamment de l'hydrogène sulfuré qui se produit toujours dans les cultures ordinaires, et que l'oxygène transforme aussi partiellement, en eau, soufre et acide sulfurique«.

Ergänzend sei noch erwähnt, daß Benecke[4] bei seinen farblosen Diatomeen positive Aërotaxis beobachtet hat, die sich in geradezu auffallender Weise bei diesen interessanten Organismen schon nach viertelstündigem Verweilen im Hängetropfen zeigen soll.

---

[1] L. Macchiati, zitiert nach Miquel's Brief in »Le Diatomuste«, Bd. I, 1892, p. 119.

[2] P. Miquel, l. c., Brief an Macchiati. Vergl. 1, p. 119.

[3] P. Miquel, II., l. c., p. 95.

[4] W. Benecke, l. c., p. 554 und 558.

Digitized by Google

Nach Engelmann[1] brauchen die Diatomeen Sauerstoff für ihre Bewegungen.

Meine Untersuchungen über das Sauerstoffbedürfnis der Diatomeen kranken nun an demselben Fehler wie die Miquel's: sie sind bloß im Lichte durchgeführt, aus dem einfachen Grunde, weil es mir ebensowenig wie Miquel gelang, Dunkelkulturen meiner Diatomeen zu erzielen. Karsten,[2] der Dunkelkulturen besaß, hat diese Frage nicht weiter berührt. Im Lichte kommen die Diatomeen auch ohne Sauerstoffzufuhr aus. Impft man beispielsweise in flüssige Gelatine einer Eprouvette, schüttelt kräftig und läßt nachher erstarren, so bemerkt man bei günstiger Beleuchtung schon nach 3 bis 4 Tagen die ersten Kolonien. Es zeigt sich nun, daß auch einige bis fast am Grunde der Eprouvette auftreten und sich prachtvoll entwickeln. Der Versuch glückt mit *Navicula minuscula* ebenso glänzend wie mit der *Nitzschia Palea*, mit Agar ebensogut wie mit Gelatine.

Diese Kolonien waren also von einer hohen Gelatine-, beziehungsweise Agarsäule überschichtet, somit vom O sozusagen abgesperrt und dennoch entwickelten sie sich normal. Bei dieser Versuchsanordnung wird man gewöhnlich einen Ring dicht gedrängter Diatomeenkolonien etwa 0·5 *cm* unter dem Gelatine-, beziehungsweise Agarmeniskus wahrnehmen können, so daß man zur Meinung kommt, daß Diatomeen auch im Lichte eine gewisse Sauerstoffspannung besonders zusagt, wenn diese Erscheinung nicht bloß eine Folge der in der Versuchsanordnung gelegenen Dichtsaat in den obersten Schichten der Gelatine und des Agars ist. Man müßte sich etwa vorstellen, daß für größere Mengen der Kieselalgen die absorbierte O-Menge der tieferen Gelatine-, beziehungsweise Agarschichten nicht ausreicht, so daß es unten zur Bildung nur vereinzelter Kolonien kommen kann, die sich dann konkurrenzlos und mit Hilfe des selbst erzeugten O desto

---

[1] W. Th. Engelmann, Über Licht- und Farbenperzeption niederster Organismen. Arch. f. Phys. von Pflüger, 1882, *29*, p. 387. Über die Bewegungen der Oxillarien und Diatomeen. Bot. Ztg., XXXVII, 1879, p. 49.

[2] G. Karsten, l. c.

Digitized by Google

besser entwickeln. Dafür spräche auch das späte Sichtbarwerden und die langsamere Entwicklung dieser Kolonien. Versuche im Lichte in Eprouvetten über Pyrogallussäure wurden bisher noch nicht durchgeführt, auch verspreche ich mir kaum ein anderes Resultat. Die Diatomeen kommen eben im Lichte unter Umständen mit dem von ihnen selbst bei der Assimilation erzeugten Sauerstoffe aus. Nitzschien in Agar unter Deckglas mit luftdichtem Abschlusse aus venetianischem Terpentin wenigstens hielten sich im Lichte monatelang am Leben. Die bisherigen Versuche im Lichte würden also gegen ein starkes O-Bedürfnis im Lichte sprechen, immerhin aber die Anpassung der Diatomeen an eine bestimmte O-Spannung wahrscheinlich machen.

Die exakte Beantwortung der Frage nach der obligaten oder fakultativen Aërobiose wird aber erst möglich sein, wenn jene Kombination organischer, beziehungsweise anorganischer N-Quellen bei geeigneter C-Zufuhr gefunden sein wird, die bei Ausschluß von Bakterien das Wachstum der Diatomeen auch im Dunkeln gestattet.

VII. Die Reaktion der Nährlösung und des Nährbodens.

Nur vorübergehend wurde bisher bei verschiedenen Gelegenheiten dieses Kapitel gestreift, so bei den Kalk-Kieselsäure-Versuchen, wo sich herausgestellt hat, daß in keiner Flüssigkeit, zu der irgend ein saures Salz des Ca zugesetzt wurde, eine Diatomeenentwicklung zu beobachten war, und bei früherer Gelegenheit,[1] wo die Darstellung der Nährböden behandelt wurde.

Miquel[2] hat für Diatomeen, Molisch[3] für niedere Grün- und Blaualgen eine schwach alkalische Reaktion in der Regel

---

[1] Oswald Richter, l. c., p. 496.

[2] P. Miquel, II., l. c., 1892, p. 119. — P. Miquel, III., l. c., 1892, Juin-Juillet, p. 9, 11, 13, 14.

[3] H. Molisch, IV., l. c., 1896, p. 634.

Digitized by Google

für notwendig gefunden. Für Diatomeen wurden diese Beobachtungen von Benecke,[1] Karsten[2] und mir[3] bestätigt.

Neue Versuche wurden, abgesehen von jenen Experimenten, wo ich mich mit Hilfe der Erzeugung negativer Auxanogramme von der Schädlichkeit gewisser saurer Salze wie des sauren essigsauren Ammoniaks u. dgl. überzeugte, wovon später noch die Rede sein wird, in der folgenden Weise durchgeführt:

1. Saure Gelatine, wie sie durch Auflösen der käuflichen Gelatine in destilliertem Wasser erzielt wird;
2. schwach saure Gelatine, erhalten durch Behandlung der ersten mit Natronlauge;
3. mit Natronlauge neutralisierte
4. und damit schwach alkalisch gemachte;
5. mit Natronlauge etwas alkalischer gemachte Gelatine

wurden geklärt und von jeder Portion je 2×4 Strich- und 2×4 Stichkulturen vorbereitet.

Zur Kontrolle dienten ebensoviele Kolonnen einer mit Nährsalzen versehenen Gelatine in den verschiedenen Stadien der Neutralisierung und Alkaleszenz.

Zur Impfung wurde *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* verwendet.

Das Resultat war, kurz gefaßt, folgendes:

1. In der sauren Gelatine fand überhaupt kein Wachstum statt, auch nicht in der schwach sauren, ob sie nun Nährsalze führte oder nicht.

2. In der neutralen Gelatine kam vereinzelt schwache Entwicklung vor. Die Impfmassen waren braun und blieben am Leben.

3. Dagegen war in »schwach« und »etwas« alkalisch gemachter Gelatine ein lebhaftes Wachstum zu bemerken, ob nun Nährsalze zugesetzt wurden oder nicht.

Bei Berücksichtigung dieser Ergebnisse erscheinen gewisse Angaben Miquel's und Karsten's in einem ganz andern Lichte.

---

[1] W. Benecke, l. c., p. 564.

[2] G. Karsten, l. c., p. 412.

[3] Oswald Richter, l. c., p. 496.

Digitized by Google

Wenn wir bedenken, daß bei den SiO_2-Ca-Versuchen des I. und II. Kapitels sich gerade $CaSi_2O_5$, $K_2Si_2O_5$ und $Na_2Si_2O_5$ bei geeigneter Konzentration, letztere bei Vorhandensein von Ca, als hervorragende Förderer des Diatomeenwachstums erwiesen haben, dann können wir Bemerkungen Miquel's,[1] wie:

> Er gebe niemals alkalische Silikate in seine Kulturen.
>
> Tatsächlich übe der zehnmillionste Teil eines Alkalisilikates einen schädigenden Einfluß auf die Diatomeen aus, indem Silikate die Entwicklung hemmen, wenn sie sie nicht aufheben:
>
> 1. weil sie die Flüssigkeit zu stark alkalisieren, wodurch die Lösung des Bicarbonates des Ca der Flüssigkeit verhindert würde und sie die Ausfällung des Ca als neutrales $CaCO_3$ bedingten;
>
> 2. weil CaO und MgO, die in ihren löslichen Verbindungen für Diatomeen günstig seien, in den unlöslichen Zustand der Silikate umgewandelt würden;
>
> 3. weil sich die alkalischen Silikate von selber im Kontakt mit der Luft und unter Einfluß der CO_2 zersetzen, wobei sie gelatinöse Kieselsäure und alkalische Carbonate liefern, die den Diatomeen schädlich seien;
>
> 4. weil diese Silikate die Bakterienentwicklung fördern.
>
> M. Peragallo, ein französischer Diatomeenkenner, habe erkannt, daß $Na_2Si_2O_5$ keine begünstigende Wirkung habe, er aber stelle dessen Schädlichkeit fest —

nur so verstehen, daß er zu viel der Silikate bei der Überprüfung von deren Zweckmäßigkeit den Mazerationsflüssigkeiten zusetzte. Es sei daran erinnert, daß $K_2Si_2O_5$ in meinen Versuchen bei $0{\cdot}01\%$ ausgezeichnete Resultate gab, bei $0{\cdot}05\%$ dagegen bereits völlig versagte, wobei sich die Nährlösung als ungemein stark alkalisch gemacht erwies.

Ebenso dürfte die Reaktion der Nährlösung die Mißerfolge Karsten's[2] mit organischen Kalium- und Calciumsalzen erklären, wenigstens erwähnt er nicht ausdrücklich, ob er das neutrale oder saure äpfelsaure Kalium u. s. f. verwendet habe.

Es ist auch sehr wohl denkbar, daß die angebliche Schädlichkeit der NH_4-Verbindungen,[3] wie sie Miquel wiederholt betont, und die tatsächliche des (sauren?) Ammoniumacetates[4]

---

[1] P. Miquel, II., l. c., p. 119, vergl. XII., 1, *c*).

[2] G. Karsten, l. c., p. 412.

[3] Vergl. das Kapitel »Stickstoff«.

[4] P. Miquel, I., l. c., p. 780.

Digitized by Google

durch Berücksichtigung der Reaktion eine befriedigende Deutung findet.

Nach dem Mitgeteilten kann man also heute als feststehend gelten lassen:

Die Diatomeen benötigen eine schwach alkalische Reaktion, ein Zuviel ist hier ebenso von Übel wie ein Zuwenig.[1]

VIII. Einfache Rezepte zur Darstellung einer Nährgelatine für Diatomeen.

Außer der obenstehenden Folgerung lassen sich die Resultate des früher wiedergegebenen Gelatineversuches noch in einer andern Richtung hin auswerten. Mit Berücksichtigung derselben vereinfacht sich nämlich die Darstellung einer Nährgelatine für Diatomeen ganz außerordentlich. Das neue Rezept lautet:

Man mache eine zehnprozentige Gelatine in destilliertem Wasser mit Natronlauge schwach alkalisch und kläre die warme Lösung mittels Eiweiß.

Da nun, wie sich in den Kapiteln über Kieselsäure und Kalk herausgestellt hat, die genannten Stoffe wachstumsfördernd wirken, sei folgendes zweite Rezept empfohlen:[2]

---

[1] Da nach Fr. Oltmanns, l. c., II. Bd., p. 133, bisher keine Beobachtungen in dieser Hinsicht über Meeresalgen gemacht worden sein sollen, erlaube ich mir mitzuteilen, daß meine bisherigen Beobachtungen an Meeresdiatomeen, die vorläufig in Kochsalz-Agar in Kultur sind, auch auf ein Bedürfnis derselben nach schwach alkalischer Reaktion hindeuten.

[2] Für Agar gilt mutatis mutandis das gleiche.

Sehr gut hat sich dafür folgende Zusammensetzung bewährt:

1000 Teile		destilliertes Wasser
18	*g*	Agar
0·2	*g*	$CaCl_2$
0·2	*g*	KNO_3
0·05	*g*	$MgSO_4$
0·01	*g*	$K_2Si_2O_5$
Spur		$FeSO_4$

Bezüglich Wässerung des Agars vergl. meine frühere Arbeit.

Ein derartiges, gut gewässertes, mit Mineralsalzen versehenes Agar wird in der Folge Mineralsalzagar genannt.

Digitized by Google

Man setze zu einer zehnprozentigen Gelatine in destilliertem Wasser 0·01% $K_2Si_2O_5$ und 0·02% $CaCl_2$, mache mit Natronlauge alkalisch und kläre die warme Lösung mit Eiweiß.[1]

IX. Der Einfluß verschiedener Kochsalzkonzentrationen auf das Wachstum der beiden kultivierten Diatomeen.

Nach Oltmanns[2] sind »die Diatomeen Kosmopoliten und im Süß- wie im Seewasser überall verbreitet. Mögen auch viele von ihnen ausschließlich auf die See und andere ebenso ausschließlich auf das Süßwasser angewiesen sein, so sind doch auch gewisse Formen der Gruppe Ubiquisten; nicht bloß kommen Spezies einer marinen Gattung im Süßwasser vor und umgekehrt, sondern es gedeihen auch viele Arten in beiderlei Gewässern gleich gut und gehen unschwer aus dem einen in das andere über«.

Mit Berücksichtigung dieser Tatsachen erscheint es von vornherein nicht unwahrscheinlich, daß es auch gelingen dürfte, die Nichtubiquisten an immer höheren Kochsalzgehalt zu gewöhnen, beziehungsweise des hohen ClNa-Gehaltes der Kulturflüssigkeit entwöhnen zu können, mit andern Worten Süßwasser- als Meeres- und Meeres- als Süßwasserdiatomeen zu ziehen.

Gelegentliche Beobachtungen nach dieser Richtung machte A. Richter.[3] Er fand bei seinen systematisch angelegten Kulturen mit Grünalgen Diatomeen auch in 10prozentigen Lösungen, in denen sie sich länger als einen Monat und öfter in 7prozentigen Lösungen, wo sie sogar ein Jahr am Leben blieben. Leider hat er keine einzige von diesen Diatomeen bestimmt. In dieselbe Zeit fallen die Untersuchungen von Miquel über die Kochsalzwirkung auf Süßwasserdiatomeen, wobei er besonders den Gedanken verfolgte, den Kochsalzzusatz als Mittel zur Reingewinnung gewisser Diatomeenspezies zu benützen:

---

[1] Wie sehr vereinfacht diese Rezepte sind, lehrt am besten ein Vergleich mit Miquel's Kulturformeln, l. c., II, p. 95.

[2] Fr. Oltmanns, l. c., I. Bd., p. 91.

[3] A. Richter, Über Anpassung der Süßwasseralgen an Kochsalzlösung. Flora, 1892, p. 4—56.

Digitized by Google

»Si on veut établir la prédominauce des cyclotelles, il foudra ajouter aux[1] liquides de cultures 4 à 5 et même 10 p. 1000 de chlorure de Sodium.« —[1]

Er war also bei seinen Experimenten bis 1%, bei anderer Gelegenheit bis 4%[2] ClNa-Gehalt gekommen. Diese und ähnliche Befunde veranlaßten Tempère und ihn[3] dann, das Problem:

»Les Diatomées sont elles d'origine marine ou d'eau douce?«

aufzurollen.

Besonderes Interesse verdienen dabei die teratologischen Formen,[4] die Miquel bei diesen Untersuchungen unterkamen.

In jüngster Zeit hat Techet[5] auch gelegentliche Angaben über die Widerstandsfähigkeit mariner Bazillarien gegen hohen Kochsalzgehalt der Kulturflüssigkeit gemacht. Darnach ist 13·2% Salzgehalt (daraus müßte erst der ClNa-Gehalt berechnet werden) für die Kieselalgen zu viel. 8·5% Salzgehalt wurde noch recht gut ertragen, zahlreiche Arten aber befanden sich bei 1·8% Salzgehalt wohl, was also rund 1% ClNa entspricht.

Hier begegnen sich seine Angaben über marine Formen mit meinen an *Nitzschia Palea* gemachten Erfahrungen. Da auch er keine genaueren Angaben über die beobachteten Formen macht, so wird hier gewiß später noch einmal die experimentelle Physiologie einsetzen können.[6]

Meine eben angeführten Versuche[7] habe ich nun wiederholt und auch auf die *Navicula minuscula* ausgedehnt; auf eine ins Kleine eingehende Wiedergabe glaube ich aber verzichten zu dürfen, wenn ich auf die Photographie Nr. 2 verweise. Sie stellt einen *Nitzschia*-Versuch dar und beweist, daß bis auf 1·5% Kochsalz ein makroskopisch sichtbares Wachstum

---

[1] P. Miquel, II., l. c., p. 127.

[2] P. Miquel, II., l. c., p. 95.

[3] P. Miquel, II., l. c., p. 171.

[4] P. Miquel, II., l. c., p. 99 und 171.

[5] K. Techet, Verhalten einiger mariner Algen bei Änderung des Salzgehaltes. Österr. bot. Zeitschr., Jg. 1904, Nr. 9 u. ff., p. 313.

[6] Die einschlägige Literatur vergl. im übrigen in Fr. Oltmanns, l. c., II. Bd., p. 177—182.

[7] Oswald Richter, l. c., p. 504.

Digitized by Google

stattgefunden hat, daß aber schon 2% ClNa offenbar die obere Grenze der Anpassungsmöglichkeit bei direkter Impfung von »kochsalzfreier« Gelatine aus darstellt. Ähnlich fielen die Versuche mit *Navicula minuscula* aus, ebenso glichen alle Wiederholungen der Experimente dem photographierten Versuch im Aussehen, so daß wir als Ergebnis dieser Versuchskolonnen den Satz aussprechen können:

Impft man die kultivierten Diatomeen von gewöhnlicher Gelatine auf solche verschiedenen Kochsalzgehaltes, so vermögen sie 1·5% ClNa noch ohne Schwierigkeit zu ertragen, während 2% Kochsalz als obere Grenze gelten kann.[1]

Aber auch bei weiteren Versuchen, die darauf abzielten, durch aufeinanderfolgendes Übertragen der Diatomeen aus Gelatinekulturen höheren ClNa-Gehaltes auf solche noch höheren, war über 2% ClNa nicht hinauszukommen, so daß man sagen kann, daß von einer Gewöhnung der *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* an einen so hohen Kochsalzgehalt, wie ihn A. Richter[2] für gewisse Formen als unschädlich fand, wenigstens unter den obwaltenden Verhältnissen, wie sie in einer Gelatinekultur gegeben sind, nicht die Rede sein kann.

Anschließend an die Experimente, deren Ergebnis ich eben mitgeteilt habe, wurden Versuche durchgeführt, bei denen die Diatomeen aus Kulturen höheren auf Gelatine niederen Kochsalzgehaltes überimpft wurden.

Es wurden also eine größere Anzahl Versuchskolonnen gleichzeitig hergerichtet, wobei die Diatomeen aus 1·5%, 1%, 0·5% ClNa, beziehungsweise auf 1%, 0·5%, 0% ClNa-Gelatine übertragen wurden. Das Resultat war stets herrliches Wachstum. Und eine vorherige langsame Entwöhnung von dem höheren Kochsalzgehalt war nicht nötig.

Auch mit speziesreinen Meeresdiatomeen, deren ich zwei auf einem Kochsalzagar[3] in Kultur habe, habe ich den Techet-

[1] JK wird bis 0·25% ertragen, vergl. XII, 3, *d*), p. 92.

[2] A. Richter, l. c.

[3] Ein Agar von der Zusammensetzung, wie ich sie in meiner früheren Arbeit p. 496 oder wie jetzt im Kapitel VIII angegeben habe, mit 3% Kochsalzzusatz leistet vortreffliche Dienste bei der Zucht von Meeresdiatomeen.

Digitized by Google

schen Versuchen analoge Experimente ausgeführt und bin dabei wie Techet[1] bis auf 1% ClNa-Gehalt herabgekommen. Wenn man die interessanten Beobachtungen Gran's[2] im Polarmeer in Betracht zieht, ist es nicht unwahrscheinlich, daß man bei gewissen Diatomeenformen wird noch tiefer herabgehen können.

Wie erwähnt, sind meine derzeitigen Meeresdiatomeenkulturen noch mit Bakterien verunreinigt, aber auch schon unter diesen Verhältnissen wird sich die Frage nach der Bedeutung des ClNa für sie beantworten lassen und man wird Experimente über dessen osmotische Wirkung, seine eventuelle Ersetzbarkeit durch $MgCl_2$ etc. machen können u. dgl. m., wie das in ähnlicher Weise von Molisch[3] mit seinen halophilen Leuchtbakterien durchgeführt wurde. Die Resultate dieser Untersuchungen sollen in einer späteren Arbeit über die Physiologie der Diatomeen, Diatomeen des Meerwassers, veröffentlicht werden. Desgleichen soll, wenn mir die Entfernung der Bakterien gelingen sollte, die Assimilierbarkeit von organischen N- und C-Verbindungen durch Meeresdiatomeen eine eingehende Bearbeitung erfahren.

Wenn wir also die Erfahrungen über die Versuche mit ClNa zusammenfassen, so ließen sich die betreffenden Resultate etwa, wie folgt, wiedergeben:

Die beiden reinkultivierten Süßwasserdiatomeen wachsen in 0·5%, 1%, 1·5% ClNa-haltiger Gelatine sehr gut, doch sind sie weder bei direkter Impfung noch durch langsame Gewöhnung über 2% ClNa in der Gelatine hinauszubringen. Die Rückimpfung auf Gelatine niederen Kochsalzgehaltes bringt stets eine prachtvolle Entwicklung hervor. Eine Gewöhnung an den niederen Kochsalzgehalt ist dabei unnötig. Gewisse Meeresdiatomeen zeigen auf Agar mit bloß 1% ClNa sehr schöne Entwicklung.

---

[1] K. Techet, l. c.

[2] Gran zitiert nach Fr. Oltmanns, l. c., II. Bd., p. 179. Vergl. hier auch die übrige Literatur.

[3] H. Molisch, Leuchtende Pflanzen. Eine physiologische Studie. Jena, Verl. von Gustav Fischer, 1904, p. 87—88.

Digitized by Google

X. Auxanogramme.

Wie bekannt, hat Beijerinck[1] zum ersten Male zur Beurteilung eines Stoffes als Nährstoff für Bakterien und Pilze die Auxanogramm-Methode empfohlen. Man stellt sich eine Plattenkultur her mit einem Nährboden, auf dem die Organismen bald Hunger leiden würden. Hat man geimpft, so gibt man den fraglichen Stoff in Körnchenform auf die Platte.

Ist der Stoff ein Nährstoff, so wird bald entsprechend der gebildeten Diffusionszone ein lebhaftes Wachstum unmittelbar bei ihm und in der nächsten Umgebung stattfinden: Beijerinck's positives Auxanogramm. Umgekehrt wird ein Giftstoff in seiner Umgebung, wenn er unmittelbar nach der Impfung auf die Kulturplatte übertragen wird, ein Aufkommen der geimpften Organismen nicht gestatten: Beijerinck's negatives Auxanogramm.

Positive Auxanogramme[2] mit Diatomeen zu erhalten, ist bedeutend schwieriger als die Erzielung der negativen. Das hat seinen Grund in der schon angedeuteten Genügsamkeit dieser Algen. Da selbst ein gut gewässertes Agar ohne jeden Zusatz eine schwache Entwicklung gestattet, wird natürlich die Verwendung von einem Agar auch mit den geringsten günstigen Zusätzen schon eine reichliche Diatomeenentwicklung hervorrufen und so das ganze Bild undeutlich und unklar machen. Das war hauptsächlich der Grund meiner anfänglichen Mißerfolge nach dieser Richtung. Auch pflegt man im Anfang gern zu viel Substanz zu nehmen, wodurch, wie schon Beijerinck hervorhebt, das Diffusionsfeld zu groß wird und sich eventuell über die ganze Schale verbreitet. Will man mit Diatomeen (Nitzschien) diese interessanten Versuche Beijerinck's wiederholen, so verwende man ein gut in fließendem Leitungs-

---

[1] M. W. Beijerinck, L'auxanographie ou la méthode de l'hydrodiffusion dans la gélatine applique aux recherches microbiologiques. (Extr. des Archiv Néerlandaises, t. XXIII, p. 367—372.) Ref. Zentr. f. B. u. P., 1893, II. Abt., 7. Bd., p. 347.

[2] Die Impfung muß wie bei den negativen Auxanogrammen reichlich sein und zu einer Dichtsaat führen.

Digitized by Google

wasser gewässertes Agar, das auch noch einen Tag in destilliertem Wasser ausgespült wurde, und gebe auf die Agarplatte ein Stückchen $CaCO_3$, $CaSO_4$ oder ein winziges Tröpfchen einer $Ca(NO_3)_2$-Lösung. Man wird dann gewöhnlich nach 14 Tagen nur an der betreffenden Stelle eine Diatomeenentwicklung beobachten können, einen Befund, den man sehr wohl als Stütze der Notwendigkeit des Ca für Diatomeen ausnützen könnte.

Als positive Auxanogramme darf man wohl auch mit Recht die Bilder bezeichnen, die man in Nährlösungen, zu denen $CaSi_2O_5$-Stücke zugesetzt werden, beobachten kann. Wie schon erwähnt, bedecken sich anfangs nur diese mit den braunen Diatomeenmassen und sind auch noch immer braun von dem gehäuften Phäophyll, wenn ringsum alle Diatomeen abgestorben sind.

Negative Auxanogramme. Zur Erzeugung derselben ist es bloß nötig, sich an die Tatsache von der Zweckmäßigkeit einer alkalischen Reaktion des Substrates bei Diatomeen zu erinnern. Alles somit, was sauer wirkt, Säuren und saure Salze, muß schädlich[1] sein und man wird um die Spur des verwendeten Giftes auf gutem »anorganischen« Nähragar einen hellen Fleck ohne jede Diatomeenentwicklung erhalten. Solche negative Auxanogramme gelang mir hervorzurufen: mit Ammoniumacetat, Monokaliumphosphat, saurem Calciumphosphat und einem säureabsondernden Penicillium.

Als negative Auxanogramme sind aber auch jene Kulturbilder aufzufassen, die man erhält, wenn man über eine sterilisierte Münze, sei es aus Nickel, sei es aus Kupfer, frisch geimpftes Agar zu einer Platte ausgießt.

XI. Versuche über Oligodynamie.

Wie bekannt, hat Nägeli[2] nachgewiesen, daß Metalle in unendlich kleinen Quantitäten (1 Teil Cu auf 1000 Millionen Teile Wasser) auf Spirogyren bereits giftig wirken. Seine Ver-

[1] Vergl. Kapitel VII und Miquel, III, l. c., Juin—Juillet 1892, p. 2.

[2] C. v. Nägeli, l. c.; vergl. auch Fr. Oltmanns, l. c., II. Bd., p. 184.

Digitized by Google

suchsanstellung war dabei die, daß er hohe Kulturgläser mit Fluß-, Leitungswasser oder Nährlösung füllte und die Münze oder Metallspäne u. dgl. in die Flüssigkeit hereinbrachte, darin ließ oder wieder herausnahm. Es zeigte sich dann, daß die Spirogyren durch die unwägbaren ionisierten Metallmengen abgetötet wurden.

Für Diatomeen kann man zur Demonstration der Oligodynamie sehr gut Agarkulturen verwenden und so diese merkwürdige Erscheinung auch dem Laien unmittelbar verständlich machen. Ich verweise auf die Photographie Nr. 6. Sie zeigt ein Zwanzigheller-Nickelstück in einer Petrischale in Agar eingebettet. Die Münze war ohne vorhergehende besondere chemische Reinigung in der trockenen Petrischale sterilisiert worden, worauf nach dem Abkühlen für Dichtsaat geimpftes Agar in die Schale und über die Münze gegossen wurde. Die bei günstiger Beleuchtung gehaltenen Kulturen zeigen schon nach 9 Tagen das negative Auxanogramm um die Nickelmünze herum recht gut und nach 14 Tagen etwa ist eine solche Kultur demonstrierbar und kann eventuell photographiert werden.

Bei der Versuchsanstellung war ich immer darauf bedacht, daß die Lichtstrahlen des diffusen Tageslichtes möglichst senkrecht auf die Platte fielen; dazu wurden die Schalen ans Fenster gehängt.

Der entstandene Ring erklärt sich offenbar so, daß jene unwägbaren und unnachweislichen Mengen des Metalls, die sich im Agar lösen und eventuell zu spurenweiser Salzbildung führen, alle Diatomeen der Dichtsaat in der Umgebung der Nickelmünze töten, so daß nur außerhalb des oligodynamischen Giftbereiches eine Entwicklung stattfinden konnte. Wenn dies richtig ist, dann müßte eine Zehnhellermünze, die etwa die Hälfte Ni enthält, ein um die Hälfte kleineres Auxanogramm liefern. Das trat wirklich ein. Diese Versuche sind wiederholt mit demselben Ergebnis gemacht worden. Kupfer-, z. B. Hellermünzen, mußten wegen der stärkeren oligodynamischen Wirkung dieses Metalles auch von einem größeren Auxanogramm umgeben sein und bei den Zweihellerstücken ist die Giftzone schon so groß, daß sie die ganze Schale umfaßt und überhaupt alle Diatomeen getötet werden.

Digitized by Google

Eine merkwürdige Erscheinung kann man auch beobachten, wenn man die zu verwendenden Münzen zunächst in konzentrierter Salpetersäure wäscht, dann in destilliertem Wasser abspült und nachher erst mit der Petrischale sterilisiert. Die erzeugten negativen Auxanogramme werden nämlich unter diesen Umständen gewöhnlich fast doppelt so groß, wenn nicht größer. Der Grund kann meiner Meinung nach entweder darin liegen, daß trotz des sorgfältigen Abspülens in Wasser etwas Säure an den Münzen haftet, oder darin, daß sich etwas des leichter löslichen Nitrates gebildet hat, oder endlich darin, daß die Fett- und Schmutzschichte der Gebrauchsmünze entfernt worden ist, so daß die Metalle nun um so leichter, mit dem Agar in Berührunng, ihre oligodynamische Wirkung geltend machen können. Sei dem, wie es will, unangenehm bleibt für die Demonstration diese Tatsache doch, weshalb es ratsam bleibt, Gebrauchsmünzen, so wie sie sind, zu diesen Versuchen zu benutzen.

Es gelingt also, durch geeignete Verquickung der Beijerinck'schen Methode der Auxanogramme mit den Erfahrungen Nägeli's über Oligodynamie bei höheren Grünalgen die Empfindlichkeit auch von Diatomeen für oligodynamische Wirkung sicher nachzuweisen und für Demonstrationszwecke auszuwerten.

XII. Ausscheidungen der Diatomeen.

Verschiedene Beobachtungen — das Auskommen der Diatomeen mit der in den Kulturgefäßwänden vorhandenen Kieselsäure, die Verflüssigung der Gelatine, die Lösung des Agars — berechtigten zur Auffassung, daß die Diatomeen die Fähigkeit zu gewissen Ausscheidungen besitzen, die als Säure- oder Alkaliausscheidung die Verwertung des Glases, als Fermentwirkung die Korrosion der Gelatine und des Agars verständlich machen würden. Bereits in der letzten Arbeit habe ich auf die Ausscheidung eines gelatine- und eines agarlösenden Fermentes bei Diatomeen aufmerksam gemacht.

Digitized by Google

Nun sollte die Frage noch dahin ausgeweitet werden, ob es noch andere Fermente bei Diatomeen gibt und ob man nach den üblichen bakteriologischen Methoden eine Säure- oder Alkaliausscheidung oder aber eine Fermentabsonderung direkt zu demonstrieren vermag, endlich ob es gelänge, unter bestimmten Verhältnissen Gasabsonderungen in nennenswerten Quantitäten hervorzurufen.

1. Versuche über Säureabsonderung bei Diatomeen.

a) Die ersten Experimente wurden mit Lackmusgelatine angestellt, mit negativem Ergebnis; ebenso kam ich mit der von Petruschky[1] für Bakterien empfohlenen und allgemein gerühmten Lackmusmolke vielleicht wegen ihrer neutralen Reaktion zu keinem Resultat. Die große Schwierigkeit liegt bei derartigen Versuchen eben darin, daß die wenn vorhandenen, doch gewiß ziemlich schwachen Säuren das zum Gedeihen zweckmäßige Alkali erst neutralisieren müssen, ehe sie auf den Farbstoff einwirken können, und daß sie, wenn man sie, wie hier notwendig, gleich auf neutralen ziehen will, nicht wachsen wollen. Auch dürften die vielleicht entstehenden Farbennuancen so wenig verschieden sein, daß sie von unserem Auge nicht erfaßt werden können. Ich habe vor, es mit kräftigen Kolonien und der von Emich[2] angegebenen Lackmusseide zu versuchen, vielleicht daß diese hier Klarheit verschaffen wird. Vorläufig also fielen alle Versuche mit Lackmus negativ aus.

b) Experimente mit $CaCO_3$. Der viel gerühmten Experimentierkunst Beijerinck's[3] verdanken wir auch hier wieder ein sinnreiches Mittel, sich von der Säureausscheidung von Mikroorganismen zu überzeugen. Stellt man sich Agar- oder Gelatineplatten dar, die eine Aufschwemmung von $CaCO_3$ enthalten oder mit einer sterilisierten Aufschwemmung dieses

---

[1] Joh. Petruschky, Bakterio-chemische Untersuchungen. Zentr. f. B. u. P., VI. Bd. (1889), p. 625.

[2] F. Emich, Mikrochemischer Nachweis von Alkalien und Säuren. Diese Sitzungsberichte, Bd. CX, Abt. IIb, Juni 1901, p. 612.

[3] M. W. Beijerinck, Verfahren zum Nachweis der Säureabsonderung bei Mikrobien. Zentr. f. B. u. P., Bd. IX (1891).

Digitized by Google

Stoffes begossen wurden, und impft darauf einen säureabsondernden Mikroorganismus, so entsteht alsbald um die werdende Bakterienkolonie oder den wachsenden Pilzrasen eine durchsichtige oder durchscheinende Zone, entsprechend der fortschreitenden Lösung des $CaCO_3$. Es erscheint dabei notwendig, ein Kohlehydrat, wie Traubenzucker, aus dem eben Säure abgespalten werden kann, in dem Nährboden zu lösen.

Meine einschlägigen Versuche mit *Nitzschia Palea*, als der raschwüchsigeren, reinkultivierten Diatomee, wurden zum Teile genau nach dem Rezept von Beijerinck ausgeführt, zum Teile so, daß von dem Traubenzuckerzusatz Abstand genommen wurde, weil ja an eine direkte Ausscheidung von Säure auch ohne Vermittlung einer organischen Substanz gedacht werden konnte. Das Ergebnis aller dieser Experimente war negativ.

c) $CaCO_3$-Erzeugung durch Diatomeen. Bekanntlich hat Hassak[1] für gewisse Grünalgen die Fähigkeit nachgewiesen, sich unter bestimmten Umständen, etwa bei greller Beleuchtung, in Ca-reichem Wasser mit einem $CaCO_3$-Mantel oder Schirme zu umgeben. Für andere Algengruppen, abgesehen von gewissen Rhodophyzeen, ist meines Wissens der Nachweis für die Fähigkeit der $CaCO_3$-Bildung noch nicht erbracht worden. Bei den beweglichen Diatomeenformen konnte erst die Kultur darüber endgültig Aufschluß geben. Nachdem ich nach meinen Erfahrungen an den Kölbchenkulturen zum ersten Male wieder Ca als Nitrat, beziehungsweise Chlorid in meinem Agar gelöst hatte, bemerkte ich in Kolonien einiger derzeit noch nicht bestimmter, kleiner Diatomeen, deren Speziesreinkultur mir vorläufig geglückt ist, Unmassen einer gekörnten Masse, die mit HCl lebhaft brauste und sonst $CaCO_3$-Körnern auffallend glich. Meine erste Vermutung war also die, daß es Diatomeenspezies gäbe, die $CaCO_3$ ausscheiden, und ich verlegte mich auf die Reinkultur dieser für mich nun interessanten Formen. Weder bei der *Nitzschia* noch bei der *Navicula* hatte

[1] C. Hassak, Über das Verhältnis von Pflanzen zu Bicarbonaten und über Kalkinkrustation. Unters. aus dem bot. Inst. zu Tübingen, II. Bd., Leipzig 1886—1888, p. 465.

Digitized by Google

ich bisher derartiges beobachtet. An die vorgenommene Veränderung in der Zusammensetzung des Nährsubstrates dachte ich zunächst nicht. Als ich die *Nitzschia Palea* nun auch auf das gleiche Substrat überimpfte, zeigte sie genau die nämliche Erscheinung. In allen Kolonien einer $Ca(NO_3)_2$ oder $CaCl_2$ enthaltenden Agarplatte kann man massenhaft, und zwar meist nur innerhalb und manchmal auch in der unmittelbaren Umgebung rings um den Rand der Kolonie herum, die bewußten $CaCO_3$-Körner wahrnehmen. Da ich über *Navicula minuscula* noch keine diesbezüglichen Erfahrungen habe, kann ich also vorläufig bloß für die oben erwähnten unbestimmten und die in absoluter Reinkultur befindliche *Nitzschia Palea* die Tatsache konstatieren, daß diese Diatomeen auf Ca-haltigem anorganischen Agar $CaCO_3$ zu erzeugen vermögen. Besonders schön habe ich diese Erscheinung bei einer der später zu beschreibenden Lichtschriftkulturen gesehen, wo die von Diatomeen gebildeten Buchstaben von $CaCO_3$-Massen wie umsäumt waren.

Der Schluß, zu den uns diese Beobachtungen in Bezug auf Säureabsonderung berechtigen, lautet also: Die Diatomeen scheiden CO_2 aus, deren Nachweis durch Bildung von $CaCO_3$ auf Ca-reichem Nährsubstrat gelingt. Dadurch wird es auch verständlich, warum weder mit der Beijerinck'schen[1] $CaCO_3$-Methode noch in Anbetracht ihrer geringen Azidität und Beständigkeit mit Lackmus[2] ein sicheres Resultat erzielt werden konnte.

Gegen diese Schlußfolgerungen wäre noch ein Einwand gestattet, auch mit Berufung auf eine schon mitgeteilte Stelle aus Miquel's[3] Arbeiten, der nämlich, daß die Zersetzung der Alkalisilikate ganz spontan unter Einfluß des CO_2 der atmosphärischen Luft und ohne Zutun der Diatomeen erfolge. Miquel hat geradezu $CaCO_3$-Bildung in seinen Kulturen gesehen.

Miquel hatte, wie bekannt, flüssige Kulturmedien. In dem Falle war die Entscheidung schwer, ob für die auftretenden

[1] W. M. Beijerinck, l. c.

[2] Joh. Petruschky, l. c.

[3] P. Miquel, II., l. c., p. 119; vergl. VII, p. 77.

Digitized by Google

$CaCO_3$-Massen die Diatomeen oder die CO_2 der Luft verantwortlich gemacht werden sollte. Mir aber standen feste Nährböden zur Verfügung und die $CaCO_3$-Massen waren nur in und um die Kolonien zu treffen und waren nicht über die ganze Agarplatte verteilt, wie bei der gleichmäßigen Wirkung der Luftkohlensäure hätte erwartet werden müssen. Ich halte also meine Behauptung von früher aufrecht und wiederhole:

Die Diatomee *Nitzschia Palea* und andere Diatomeen geben auf silicium- und calciumhaltigem Agar zu $CaCO_3$-Bildung Anlaß, wodurch die Ausscheidung von CO_2 erwiesen werden kann.

2. Versuche über die Abscheidung von Alkali.

Auch bei diesen Experimenten sind die Schwierigkeiten ungemein groß, auch hier ist mit Lackmus[1] zu keinem Resultat zu kommen und die schwache Alkaleszenz des Nährbodens beeinträchtigt auch stark die Phenolphthaleïnprobe. Dazu kommt, daß der braune Farbenton der Diatomeen hinter dem Weiß des gefällten Phenolphtaleïns einen rötlichen Stich erhielt. Wenn ich alle in dieser Richtung gemachten Versuche überblicke, so war doch kein einziger so eindeutig, daß er alle erwähnten Einwände entkräftet hätte; ich lasse also die Frage vorläufig noch unbeantwortet, ob die Diatomeen Alkali ausscheiden oder nicht, und hoffe, nach Anwendung von Emich's[2] Methode später sicherere Auskunft geben zu können.

3. Versuche über die Ausscheidung von Fermenten.

a) Ausscheidung eines proteolytischen Enzyms. Wie schon mitgeteilt, sind die von mir reinkultivierten Diatomeen *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* im stande, Gelatine zu verflüssigen (vergl. Photographie Nr. 7 und 8), was nach den landläufigen bakteriologischen Auffassungen[3] das Vorhandensein eines proteolytischen Enzyms beweist. Immerhin

---

[1] Joh. Petruschky, l. c.

[2] F. Emich, l. c.

[3] K. B. Lehmann und R. O. Neumann, Atlas und Grundriß der Bakteriologie. München 1904, II. Teil, p. 52.

Digitized by Google

wollte ich noch nach einer zweiten Methode den Beweis erbringen. Bekanntlich haben Eijkmann[1] und Hastings[2] Milchagar zum Nachweis proteolytischer Enzyme in Anbetracht der Verflüssigung von Gelatine bei höheren Temperaturen empfohlen.

Nach Hastings sterilisiert man in Eprouvetten getrennt das Nähragar und die Milch, und zwar werden die Quantitäten so bemessen, daß nach dem Abkühlen auf etwa 40° zu 9 *cm*³ Agar 1 *cm*³ abgerahmte Milch in die sterilisierten Petrischalen gegossen werden kann, daß also ein Agar mit rund 10% Milch resultiert. Impft man ein solches Agar mit dem Heubazillus, *Bact. prodigiosum*, mit *Penicillium* u. dgl., so erhält man um die Kolonien, beziehungsweise Rasen durchscheinende Flecke, während das übrige Agar weiß bleibt. Sehr schöne Bilder liefern auch Impfstriche.

Beide Forscher deuten nun diese Erscheinung dahin, daß damit wegen der Lösung des Kaseïns ein Beleg für das Vorhandensein eines proteolytischen Enzyms gegeben sei.

Ich habe mir nach Hastings' Rezept ein solches Milchagar hergestellt mit der Modifikation, daß ich als Agar das gewöhnliche anorganische Agar benutzte. Der Versuch fiel negativ aus. Die große Schwierigkeit für die Beurteilung liegt hier wiederum darin, daß das Braun der Diatomeen mit dem Weiß der Milch so eigentümlich sich vermengt, daß der Eindruck einer Aufhellung des Nährsubstrates hervorgebracht wird. Da bei Verwendung des zehnprozentigen Milchzusatzes der Einwand gestattet war, daß wegen der großen Menge Milch die Wirkung verdeckt würde, wurde durch neue Versuche diesem Umstande durch Verwendung geringerer Konzentrationen und dünnerer Agarplatten Rechnung getragen. Es stellte sich dabei wohl heraus, daß die Milch ungünstig auf die Diatomeen einwirkt, daß nämlich Förderung der Diatomeenentwicklung und Milchzusatz im umgekehrten Verhältnis zueinander stehen, doch konnte nur in einem einzigen Falle das gewünschte Aufhellungsphänomen konstatiert werden.

Zuchtversuche von Nitzschien auf Hühnereiweiß, auf der Innenseite von Eierschalen, auf gefälltem Hühnereiweiß und

---

[1] Eijkmann, Z. f. B. u. P., XXIX, p. 845.

[2] E. G. Hastings, Milchagar als Medium zur Demonstration der Erzeugung proteolytischer Enzyme. Ref. Z. f. B. u. P., 1903, II. Abt., p. 384.

Digitized by Google

auf Albumin purissimum von Merck dagegen fielen alle positiv aus, doch konnte ich von einer Verflüssigung nichts bemerken.

Aus diesen Versuchen geht sonach trotz der mißglückten Milchagarexperimente zweifellos hervor, daß die Diatomeen ein proteolytisches, d. h. eiweißverdauendes Ferment besitzen. Wie bereits erwähnt, wird dessen gelatineverflüssigende Wirkung durch höhere Alkohole gesteigert[1] (vergl. Photographie Fig. 4, II bis IV).

b) Ausscheidung eines agarlösenden Fermentes. Alle Experimente mit *Nitzschia Palea*, *Navicula minuscula* und den bisher speziesrein erhaltenen anderen Diatomeen, auch denen des Meerwassers, bestätigten meine ersten[2] Mitteilungen von einem agarlösendem Fermente bei Diatomeen.

c) Versuche über die Ausscheidung eines diastatischen Fermentes. Bekanntlich[3] wird das Vorhandensein eines diastatisch wirkenden Fermentes durch das Nichteintreten der Blaufärbung rings um die ein solches Ferment in einem Kleisteragar oder in einer Kleistergelatine ausscheidenden Bakterienkolonie (Pilzrasen) angezeigt. Dabei ist aber jedenfalls die Gelatine für die Sichtbarmachung der Reaktion minder günstig. Alle meine Versuche mit Diatomeen bei Anwendung von gewöhnlichem Stärkekleister und der sogenannten löslichen Stärke[4] fielen negativ aus.

d) Versuche über Ausscheidung anderer Stoffe. Ebenso hatten jene Versuche, bei denen ich dem Jodstärkekleisterpapier analog JK und Stärkekleister verwertete, wohl das interessante Ergebnis, daß die Nitzschien noch in einem Agar mit $^1/_4\%$ JK zu starker Entwicklung zu kommen vermögen, in der Frage, ob eventuell Ozon oder sonst ein Stoff, der Jod hätte frei machen können, ausgeschieden wird, wobei lokalisierte Bläuung hätte entstehen müssen, lehrten sie nichts. In Anbetracht der starken Giftwirkung naszierenden Jodes war

---

[1] Vergl. V., p. 69 und 70, und Lehmann-Neumann, l. c., II. Teil, p. 54.

[2] Oswald Richter, l. c., p. 502.

[3] Eijkmann, l. c., p. 846.

[4] M. W. Beijerinck, Über die Eigentümlichkeit der löslichen Stärke. Z. f. B. u. P., II. Abt., 1896, p. 697.

Digitized by Google

übrigens von vornherein nicht viel in dieser Richtung zu erwarten.

e) Versuche über die Entwicklung von Gasen.[1] Es ist eine bekannte Tatsache, daß Diatomeenmassen in Kölbchenkulturen im Zimmer gehalten, bei intensiver Beleuchtung sich ganz mit kleinen Gasbläschen bedecken, die man gewiß mit Recht für durch die Assimilation erzeugte O-Blasen hält. Miquel[2] gelang es, bei seinen Kulturen 200 bis 300 *cm*³ O in 14 Tagen,[3] in einem Falle[4] in einer *Nitzschia*-Kultur sogar 1 *l* O in 5 bis 6 Tagen aufzufangen. Es war mir nun auffallend, daß ich nie oder wenn, so nur ganz zweifelhafte Gasblasenbildung bei meinen Diatomeenkulturen beobachten konnte.[5] Erst die Verwendung von Eprouvetten- oder Kölbchenschüttelkulturen ermöglicht, bei günstiger Beleuchtung die gleiche Erscheinung zu sehen.

Ich verfahre dabei so, daß ich die sterilisierte noch nicht erstarrte Gelatine — mutatis mutandis gilt dies für das Agar auch — mit Diatomeenimpfmasse für Dichtsaat versehe, fest schüttle, erkalten und erstarren lasse. Schon nach 5 bis 7 Tagen bemerkt man dann in der ganzen Kulturmasse die ersten Kolonien, die oben gewöhnlich eine dichtere Zone bilden. Nach 12 Tagen sind sie schon so massenhaft, daß die Farbe der Gelatine durch das Braun des Phäophylls völlig gedeckt ist. Das ist der Moment, wo die Gasentwicklung anhebt, Gasblasen der verschiedensten Größe werden sichtbar und steigen, an Volumen zunehmend, in der Gelatine auf. Dieses Phänomen verschwindet mit der Verflüssigung der Gelatine.

---

[1] P. Miquel, II, l. c., p. 98, bemerkte, daß im Sonnenlichte getötete Diatomeen einen aromatischen Geruch nach Cumin, dem Wanzengeruche ähnlich entwickeln. »Le liquide dégage une odeur aromatique de cumin, fort voisine de celle de la punaise«. Ich habe davon nie etwas bemerkt.

[2] P. Miquel, II., l. c., p. 98.

[3] P. Miquel's Brief, l. c., p. 119.

[4] P. Miquel, II., l. c., p. 170.

[5] Der Grund konnte in der Möglichkeit eines Gasabzuges in den Stich-, beziehungsweise Gasaustausches in den Strichkulturen und den relativ geringen Mengen Gas als Assimilationsprodukt der Kolonien in den Platten gegeben sein oder im Anschluß an Fr. Oltmanns, II. Bd., p. 142, darin, daß nur soviel O ausgeschieden wurde, als in der Gelatine löslich war.

Digitized by Google

Welches Gas ausgeschieden wird, wage ich nicht mit Bestimmtheit zu sagen, da eine Aufsammlung in Gährungskölbchen vorläufig nicht durchgeführt wurde, also eine chemische Analyse unterblieb, doch dürfte die Annahme von O der Wahrheit am nächsten kommen.

Fassen wir die Ergebnisse des Kapitels über Ausscheidungen von Diatomeen zusammen, so zeigt sich bei diesen:

1. Absonderung von Kohlensäure, die zur Bildung von $CaCO_3$ führt;

2. Abscheidung eines gelatineverflüssigenden, beziehungsweise eiweißverdauenden Fermentes;

3. wurde bei ihnen ein agarlösendes Ferment und

4. in Gelatine- und Agarkulturen bei geeigneter Versuchsanstellung Gasausscheidung zweifellos festgestellt, wobei das entwickelte Gas mit Rücksicht auf Beijerinck's[1] Versuche und die Biologie der Diatomeen als Sauerstoff angesprochen werden darf.

XIII. Der Einfluß des Lichtes auf die Diatomeen, im besonderen auf Nitzschia Palea und Navicula minuscula.

1. Gedeihen die genannten Diatomeen auch im Dunkeln?

Der Fortschritt in der Kultur der Algen bringt es mit sich, daß die Frage nach der Bedeutung von Licht und Dunkel für diese Kulturpflanzen immer wieder eine eingehende Erörterung erfährt und sich so ein überraschendes Ergebnis an das andere reiht;[2] man denke bloß an die schönen Resultate, die Artari[3] mit seinen Grünalgen erzielte.

---

[1] Beijerinck, I., p. 744 (1890).

[2] Vergl. Fr. Oltmanns, l. c., 2. Bd., p. 158 u. f.

[3] A. Artari, l. c., p. 203.

Digitized by Google

Auch bei der Zucht der Diatomeen hat man seit jeher auf diese Frage Rücksicht genommen. So fand Miquel,[1] daß sich die Diatomeen unter den von ihm geschaffenen Kulturbedingungen, also bei organischer und anorganischer Ernährung,[2] weder in der Dunkelheit noch im Halbschatten entwickelten.[1] Wenn die Lichtintensität nicht ausreiche, könne man diese Algen nicht kultivieren, doch erhielten sie durch Monate die Fähigkeit, sich, nach der Verdunkelung ans Licht gebracht, zu vermehren.

Ebensowenig konnte Benecke[3] eine Vermehrung der braunen Diatomeen im Dunkeln — sei es in Massen-, sei es in Tropfenkulturen — auch bei reichlicher organischer Ernährung beobachten, während die von ihm studierten farblosen Diatomeen gerade im Dunkeln prachtvoll gediehen (vergl. dazu p. 57).

Anders dagegen äußert sich Karsten.[4] Wie schon früher[5] erwähnt wurde, benützte er Nährlösungen oder Leitungswasser mit Glykokoll, beziehungsweise Asparagin und Traubenzuckerzusatz, um also auch bei reichlicher organischer Ernährung mit Zählkulturen[6] der Frage nach der Vermehrung von Nitzschien und Naviculen im Lichte und im Dunkeln beizukommen. Dabei erscheint es von Interesse, daß er wie ich mit *Nitzschia Palea* gearbeitet hat. Leider stand mir sein zweites Versuchsobjekt, die *Navicula perpusilla*, nicht zur Verfügung.

Karsten's Antwort in unserer Frage lautet:[4] Es gibt eine Vermehrung gewisser brauner Diatomeen auch im Dunkeln, wobei man bei den verschiedenen Spezies bedeutende Unterschiede in der Vermehrungsgeschwindigkeit beobachten kann. Gewissen anderen braunen Diatomeen, wie *Nitzschia dubia*, geht die Fähigkeit, sich im Dunkeln zu vermehren, vollständig ab.

Meine Versuche in dieser Richtung sind natürlich mit *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* gemacht, wobei sich

---

[1] P. Miquel, II., l. c., p. 97.
[2] P. Miquel, II., l. c., p. 93.
[3] W. Benecke, l. c., p. 562 und 563.
[4] G. Karsten, l. c., p. 413.
[5] Vergl. IV und V.
[6] G. Karsten, l. c., p. 411.

Digitized by Google

die ersten Experimente auf Gelatinekulturen mit diesen Algen beziehen.

Am 2. November 1903 wurden zwei Stich- und zwei Strichkulturen von *Nitzschia Palea* auf der gewöhnlich verwendeten Gelatine in ein Glasgefäß mit Watte gestellt, das mit schwarzem Papier umhüllt und überdies unter Dunkelsturz gestellt wurde. Während nun Kontrollversuche am Lichte schon nach 14 Tagen prachtvoll entwickelte Striche und Stiche zeigten, erschien eine Vermehrung im Dunkeln bloß wahrscheinlich.

Am 27. April 1904 waren die Dunkeldiatomeen auch noch lebend und, am selben Tag ans Licht gebracht und ans Fenster gehängt, zeigten sie am 26. Mai schon eine herrliche Entwicklung, die am 21. Juni ihren Höhepunkt erreichte.

Am 20. April 1904 wurde ein Versuch begonnen, bei dem partienweise zur verwendeten Stammgelatine 0·1% und 0·5% Inulin und 1%, 5% und 10% Rohrzucker zugesetzt wurde. Zur Kontrolle diente Gelatine ohne Zusatz. Von jeder Gelatinequantität wurden je acht Strichkulturen hergestellt, von denen je vier ans Licht, je vier in schwarze Schächtelchen in eine Schublade kamen, die, mit schwarzem Papier ausgekleidet und bedeckt, wieder in den Tisch hineingeschoben wurde. Die Schublade wurde verschlossen und der Schlüssel sicher verwahrt.

Am 27. April hatte man den Eindruck, als ob sich die *Nitzschia Palea* mit Ausnahme von 5 bis 10% Rohrzucker überall, manchmal sogar reichlich vermehrt hätte, während man derartiges bei der *Navicula minuscula* nur bei Inulin behaupten konnte.

Am 26. Mai keine merkliche Änderung. Nun wurde je eine Eprouvette jeder Sorte ans Fenster gehängt, die alsbald lebhafte Entwicklung zeigten.

Am 22. Juni wurde der Versuch beendet. Das Bild vom 27. April war noch immer erhalten. Die Diatomeen waren prächtig braun, lebensfrisch und vermehrten sich, ins Licht gebracht, alsbald sehr rasch.

Beide mitgeteilten Versuche zeigen also, daß ein bedeutendes Wachstum der beiden rein gezüchteten Diatomeen unter den obwaltenden Verhältnissen nicht stattfindet, daß aber beide eine monatelange Verdunklung vertragen, ohne Schaden zu leiden. Auch machen es diese Experimente sehr wahrscheinlich, daß eine anfängliche minimale Vermehrung, etwa während der ersten 8 bis 14 Tage, auch im Dunkeln vor sich gehen mag.

Wie man sich diese Erscheinung erklären soll, wage ich derzeit noch nicht zu entscheiden, doch dürfte der Gedanke an eine physiologische Nachwirkung des Lichtes, etwa vergleich-

Digitized by Google

bar der photomechanischen Induktion,[1] z. B. eine Zellteilungsinduktion auf eine Anzahl Generationen hinaus, nicht völlig von der Hand zu weisen sein.

Vergleichen wir nun die Ergebnisse Miquel's, Benecke's und Karsten's mit diesen neuen Erfahrungen, so leuchtet zunächst ein, daß Miquel und Benecke in Anbetracht der verwendeten Massenkulturen und mit Rücksicht auf ihre Versuchsanstellung bei den Massenkulturen nur sagen konnten, ob nach monatelangem Stehen eine merkliche Veränderung im Aussehen der Kulturen und in der Zahl der eventuell durch Pipettenzug gefischten Diatomeenmengen zu bemerken waren oder nicht. Daß jene geringe Vermehrung am Beginne des Versuches übersehen, beziehungsweise wenn beobachtet, zu den bei solchen Experimenten unvermeidlichen Versuchsfehlern gerechnet werden mußte, versteht sich eigentlich von selbst.

Makroskopisch war jedenfalls der Eindruck, was die braunen Diatomeen anlangt, der gleiche vor und nach monatelanger Verdunkelung. Daß auch Benecke's Tröpfchenkulturen[2] nichts anderes lehrten, wurde bereits erwähnt.

Anders bei Karsten, der sich auch der Zählmethode[3] bediente. Es sei mir nun gestattet, einige Ergebnisse aus seinen Tabellen[4] herauszugreifen.

Tab. I. a^3 (eine Dunkelkultur)[5] enthält bei der Impfung am 29. Jänner 16, am 30. Jänner 18, am 31. Jänner 21 Nitzschien; am 1. Februar hat

[1] J. Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Eine physiologische Monographie, I. Teil, 1878. Sep. aus dem 39. Bande der Denkschriften der kais. Akad. der Wissensch. zu Wien, Mathem.-naturw. Kl., p. 61, 69.

[2] W. Benecke, l. c., p. 563.

[3] G. Karsten, l. c., p. 411. Die Zählmethode besitzt, meine ich, doch einen Übelstand bei Untersuchungen von Dunkelkulturen, weil man bei der täglich oder fast täglich stattfindenden Zählung nicht umhin kann, die Objekte, wenn auch nur kurze Zeit hindurch, zu beleuchten, und so immer von neuem die Bedingungen zu einer photomechanischen Zellteilungsinduktion schafft.

[4] G. Karsten, l. c., p. 416, 417, 428.

[5] G. Karsten, l. c., p. 415. Als *a* bezeichnet Karsten eine Nährlösung von der Zusammensetzung: 1 *g* Glykokoll, 1 *g* Traubenzucker, 100 *g* Leitungswasser; — als *b*: eine mit 1 *g* Asparagin, 1 *g* Traubenzucker, 100 *g* Leitungswasser und als *ab*: eine mit 1 *g* Glykokoll, 1 *g* Asparagin, 1 *g* Traubenzucker, 100 *g* Leitungswasser.

Digitized by Google

keine Vermehrung mehr stattgefunden. In dieser Zeit haben sich die Lichtkulturen von 4 auf 8, also das Doppelte vermehrt.

Tab. II. Nr. 4 (eine Dunkelkultur). Impfmasse 8 Nitzschien; am 26. Jänner noch immer 8 Nitzschien; am 27. Jänner ist eine, am 30. Jänner eine zweite dazugekommen. Von da ab bleibt die Zahl 10 konstant. Nr. 5 (eine Dunkelkultur): Am 21. Jänner 11, am 22. Jänner 13, am 23. Jänner 14 Nitzschien und von da ab keine Änderung mehr bis zum 2. Februar. Die Lichtkulturen waren inzwischen in 3 Tagen schon verdreifacht.

Damit stimmen auch die von Karsten berechneten Vermehrungsfüße[1] von 1·197 für a^2, 1·095 für a^3 der Dunkel-, gegen 1·26 der Lichtkulturen in diesem Versuche.

Ganz ähnlich stellt sich das Verhältnis bei der Glyzerinernährung 1·018 und 1·02 gegen 1·225 und 1·257 im Lichte.

Betont muß werden, daß sich diese angeführten Berechnungen auf 3-, 4-, im Maximum auf 13tägige Kulturen beziehen.

Bei *Nitzschia Palea* findet also in den bisher herangezogenen Kulturen Karsten's eine Vermehrung im Dunkeln statt, aber eine sehr geringe, die rund auf die ersten 14 Tage beschränkt bleibt.

Das ist aber dasselbe Ergebnis wie bei meinen nicht nach Zählversuchen gemachten Beobachtungen. In der Folge bleibt die Vermehrung aus, selbst wenn man den Versuch monatelang stehen läßt: — der zahlenmäßig von Karsten erbrachte Beweis von der »photomechanischen Induktion der Zellteilung«.

Daß Karsten selbst die *Nitzschia* wegen ihres Verhaltens nicht zu den besten Experimentalobjekten nach der von ihm verfolgten Richtung zählt, beweist die folgende Bemerkung:[2]

»Vergleichen wir jetzt einmal die beiden Versuchsobjekte *Nitzschia Palea* und *Navicula perpusilla*, so zeigt sich, daß die auf gut Glück herausgegriffene *Nitzschia* nicht gerade die günstigste Form für unsere Zwecke ist,... denn während *Nitzschia Palea* auch bei bester Ernährung nur einen Bruchteil der bei Licht stattfindenden Vermehrung zu leisten vermag, sind diese Unterschiede bei *Navicula perpusilla* vollkommen verschwunden.«

Ein solcher Fall bester Ernährung, auf den angespielt wird, scheint die Kombination Glykokoll, Asparagin, Traubenzucker und Leitungswasser zu sein, denn hier stellt sich der

---

[1] G. Karsten, l. c., p. 430, 431.

[2] G. Karsten, l. c., p. 419.

Digitized by Google

Vermehrungsfuß dar als 1·225 für Dunkelkulturen gegen 1·58 und 1·29[1] für die im Lichte. Immerhin kann auch in diesem meiner Auslegung am ehesten widersprechenden Falle betont werden, daß sich auch hier die Vermehrung in den ersten vier Tagen abgespielt hat. Es ist zu bedauern, daß dieser so wichtige Versuch bereits nach vier Tagen abgebrochen wurde.

Darnach lassen sich alle Erfahrungen Karsten's an *Nitzschia Palea* mit meinen und im weiteren Sinne mit Benecke's und Miquel's Erfahrungen in Einklang bringen. Karsten hat eben die durch Lichtwirkung bedingte Zellvermehrung zahlengemäß festgestellt und den Massenkulturen und ihrer Allgemeinentwicklung das geringere Interesse geschenkt, den beiden anderen Forschern mußte aber, weil sie sich zumeist an das Aussehen dieser hielten, die geringe Vermehrung der Diatomeen im Dunkeln entgehen.

Was ich hier ausgeführt habe, gilt — ich hebe das nochmals hervor — nur für die *Nitzschia Palea*. Ergänzend mag darauf hingewiesen sein, daß meine Erfahrungen mit *Navicula minuscula* mit den eben mitgeteilten völlig übereinstimmen. Ob und wenn, inwieweit die Karsten'schen[2] Erfahrungen mit *Navicula perpusilla* und der *Nitzschia Closterium*[3] sich auch mit meinen in Einklang bringen ließen, wage ich nicht, auch nur anzudeuten, da ich diese Algen nicht in Kultur habe, doch müßte jedenfalls auch da erst ein lang andauernder Versuch gemacht werden zur Entscheidung, ob jene Verdoppelung, Verdrei-, ja Versechsfachung der Individuenzahl im Dunkeln innerhalb 7 bis 8 Tagen das Resultat einer Nachwirkung des Lichtes oder ein Ergebnis vollkommener Anpassung an die saprophytische Lebensweise darstellt.

Weit entfernt, die Möglichkeit einer solchen Anpassung zu leugnen, erkläre ich sie nur für *Nitzschia Palea*, Karsten's und mein Experimentalobjekt, derzeit noch nicht für erwiesen. Karsten hat, wie aus meinen Alkohol-, Kohlehydrat- und Stickstoffversuchen zu ersehen ist, mit ungemein glücklichem Griffe gerade jene Substanzen kombiniert, die sich jede allein

[1] G. Karsten, l. c., p. 430.

[2] G. Karsten, l. c., p. 417 und 430.

[3] G. Karsten, l. c., p. 428 und 431.

Digitized by Google

schon als sehr fördernd für die Diatomeenkultur herausgestellt haben, wie Glyzerin, Asparagin und Traubenzucker. Über die Bedeutung des Glykokolls habe ich selbst keine Erfahrungen.

Als wichtig für die Dunkelzucht kann sich vielleicht gerade die Unreinheit der Kulturen ergeben. Es ist gar nicht so unwahrscheinlich, daß durch die Bakterientätigkeit Abspaltungsprodukte der organischen Nährsubstanzen erzeugt werden, die erst das »Dunkelwachstum« ermöglichen. Vielleicht wird es auch einmal gelingen, jene zweckmäßige Vereinigung von Stickstoff- und Kohlenstoffquelle zu finden, die mit der Sicherheit eines Experimentes das Wachstum der Diatomeen, speziell der *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* auch im Dunkeln gestatten wird, so daß wir deren Kolonien, Striche und Stiche, sei es in brauner, sei es in weißer Farbe, auf mit jenen Substanzen versehenem Agar, beziehungsweise einer mit ihnen beschickten Gelatine wahrnehmen werden. Heute ist davon noch keine Rede. Heute können wir bloß sagen, daß auch nach monatelangem Aufenthalte meiner rein kultivierten Diatomeen im Dunkeln auch bei reichlicher Zufuhr organischer Nährstoffe eine nennenswerte Vermehrung derselben nicht stattfindet, wohl aber eine ganz geringe in der ersten Zeit der Verdunkelung und daß das Verdunkeln ihrer Lebensfähigkeit keinen Eintrag tut.

Zum Schlusse dieser Ausführungen über die Bedeutung von Licht- und Dunkel für Diatomeen möchte ich auf die Photographie Nr. 3 verweisen. Sie ist dargestellt nach einem Dauerpräparat, das ich mir von einem meiner späteren Lichtversuche hergestellt habe. Er war in der Weise gemacht worden, daß eine Agarplatte mit Dichtsaat von *Nitzschia Palea* versehen, mit Schablone bedeckt, im übrigen verdunkelt, von den Lichtstrahlen nur durch die Buchstabenstanzen getroffen werden konnte, wie solche Versuche bei der Beurteilung der Lichtempfindlichkeit von Bakterien[1] sich schon lange eingebürgert haben. Nach erlangtem Resultate wurde die Platte, immer noch gleich ausgestattet, eintrocknen gelassen, wobei die Diatomeen

[1] Fl. Lafar, l. c., 1897, p. 74.

Digitized by Google

abstarben, so daß nur mehr die weißen Panzer zu sehen waren; diese sind photographiert und geben so auch auf schwarzem Untergrund eine sehr klare Vorstellung von dem Versuchsresultate.

In der Folge habe ich mir eine größere Zahl Zinkblechbüchsen machen lassen, die, aus zwei Teilen bestehend, gerade so groß waren, daß die Petrischalen darin untergebracht werden konnten. Zu Demonstrationsversuchen sind übrigens Büchsen, die, sonst gleich ausgestattet, Kristallisierschalen aufnehmen können, sehr geeignet.

Jede dieser Doppelbüchsen hat in dem Bodenteil eine rechteckige Öffnung, die beim Versuche unmittelbar an den Glasdosenboden anliegt und die umrahmt ist von Führungen aus Metall, so daß man beliebige Blechschablonen einführen kann. Wesentlich zur Erlangung sehr scharfer Buchstabenränder ist der enge Anschluß der Schablone an das Glas. Diese Büchsen lassen sich auch zum Studium der Farbenwirkung verschiedener, auf bestimmte Spektralfarben geprüfter Gläser ausgezeichnet verwenden.

Wesentlich für das Gelingen aller dieser Experimente ist die Verwendung von Dichtsaaten. Ich verfuhr später gewöhnlich so, daß ich eine Gelatine-Eprouvettenkultur mäßig erwärmte, bis die Gelatine zerfloß, und davon einen Teil nach Zerschütteln in das noch flüssige, erkaltende Agar der Petrischale goß und verteilte. Besonders bei den großen Kristallisierschalen ist dieses Verfahren anzuraten.

Endlich vermeide man bei der Exposition eine vertikale Aufstellung oder Aufhängung der Büchsen mit den Versuchen. Es kommt nämlich trotz aller Vorsicht vor, daß das Kondensationswasser das Agar bei vertikaler Lage großer Scheiben allmählich rutschen läßt, so daß man beim Nachsehen das ganze Agar zusammengefaltet an der untersten Stelle der Schale findet. Bei einem Neigungswinkel von 30 bis 45° ist eine solche Überraschung sozusagen ausgeschlossen.

Was für das Agar gesagt wurde, gilt mit den entsprechenden Änderungen auch für die Gelatine. Sehr gut ist auch eine Mischung beider in gleichem Verhältnisse, umsomehr als sich bei der Gelatine an heißen Sommertagen die Gefahr des Zer-

Digitized by Google

fließens einstellt und außerdem die früher schon erwähnten Gasblasen[1] (»O«-Blasen) wiederholt Anlaß zum Zerreißen der besten Platten geben.

Meine zahlreichen Versuche nach dieser Richtung stimmten alle darin überein, daß sowohl die *Nitzschia Palea* wie die *Navicula minuscula* sowohl auf Agar wie auf Gelatine sich nur vermehrten in jenen Räumen der Platte, wohin das Licht gelangen konnte, also unter den Buchstaben. Dagegen vermehrten sich unter allen dunklen Teilen der Büchse die Diatomeen nicht, blieben aber lebend.

Infolgedessen verwischt sich die scharfe Schrift sofort, wenn die Petrischale, aus der Büchse genommen, dem Licht exponiert wird. Es tritt eben Teilung und Koloniebildung auch auf den anscheinend diatomeenfreien Plätzen ein, außerdem wachsen die »Buchstabenkolonien« über ihre Grenzen und bald ist von der Schrift nichts mehr zu sehen als eine zarte Andeutung.

Interessant ist auch die nach zwei- bis dreiwöchentlicher Kultur in Agar bei starker diffuser Beleuchtung zu beobachtende Umrahmung der Buchstaben mit tiefbraunen Diatomeen knapp unter den Stanzenrändern, während die Buchstaben weiter innen verblassen.[2]

Erklären könnte man sich diese Erscheinung entweder dadurch, daß man die Annahme vom Nährsalzverbrauch im Innern der Buchstaben und der relativen Konkurrenzlosigkeit der Diatomeen am Buchstabenrande zu Hilfe nimmt, oder dadurch, daß man sagt, die durch Beugung am Schablonenrand erzeugte Lichtintensität sage bei starker diffuser Beleuchtung den Diatomeen am besten zu, was mir Gelegenheit gibt, nochmals[3] auf die Frage nach der günstigsten Lichtintensität für Diatomeen einzugehen.

---

[1] XII., 3., *c)*, p. 93.

[2] Von der Umrahmung mit $CaCO_3$ auf Ca- und Si-haltigem Nährsubstrate wurde bereits gesprochen. Vergl. XII., 1 *c)*, p. 89.

[3] Vergl. Oswald Richter, l. c., p. 503.

Digitized by Google

2. Welche Lichtintensitäten erweisen sich bei der Zucht von Diatomeen am günstigsten?

Wie die Beobachtungen von Lorenz, Fuchs, Schmidle u. a.[1] gezeigt haben, kommen Diatomeen aus der Gruppe der *Navicula*-Arten noch bei 100 *m* Tiefe im Quarnero vor. In solchen Tiefen sind aber die Lichtmengen schon kaum mehr meßbar. Andrerseits finden sich viele unserer bekanntesten Diatomeen bei starker Beleuchtung erfahrungsgemäß sehr wohl. Daraus schon leuchtet die Notwendigkeit ein, für die jeweiligen Experimentalobjekte die günstigste Lichtintensität empirisch zu ermitteln.

Miquel[2] empfiehlt für die große Menge der Diatomeen die Aufstellung im Sommer an Nordfenstern bei ausreichendem milden Lichte.[3] Dem Sonnenlichte dürfen die Kulturen unter keiner Bedingung ausgesetzt werden.

»Sous l'action des rayons du soleil..., toutes les diatomées ont peri«.[4]

Die schädigende Wirkung der Sonnenstrahlen beruhe hauptsächlich auf der starken Erwärmung des Diatomeenbodensatzes. Auch bei starker diffuser Beleuchtung sind Lichtschirme und Vorhänge von Vorteil.[5]

Im Winter[5] ist die Belassung der Kulturen an Nordfenstern unvorteilhaft.

Sehr starke Beleuchtung verträgt nach Miquel[6] »die kleine gewöhnliche Nitzschie, die sich fast an allen Orten vorfindet«, so daß man sie direkt zur Vorherrschaft bringen kann, wenn man die Kulturen »den stärksten Lichtstrahlen aussetzt«.

Auf der anderen Seite nehmen viele Nitzschien, Melosiren und Cyclotellen mit kontinuierlicher relativ schwacher Gasbeleuchtung vorlieb (Gasverbrauch 50 bis 60 *l* pro Stunde) und

---

[1] Zitiert nach Fr. Oltmanns, l. c., II. Bd., p. 193.
[2] P. Miquel, II., l. c., p. 97 und 123.
[3] P. Miquel, II., l. c., p. 153.
[4] P. Miquel, II., l. c., p. 98 und 123.
[5] P. Miquel, II., l. c. p. 123.
[6] P. Miquel, II., l. c., p. 170.

Digitized by Google

im Lichte eines Brenners von 50 bis 100 *l* Gas pro Stunde vermehren sich auf 20 *cm* Distanz die meisten Diatomeen des Süß- und Meerwassers.[1]

In Ergänzung meiner früheren Angaben[2] möchte ich auf den ersten Vorversuch in der Kieselsäurefrage verweisen. Er dauerte vom 25. Oktober 1903 bis 23. März 1904, fiel also in die ungünstigste Jahreszeit, wo die Lichtintensität ohnehin herabgemindert ist.

Daß durch die Paraffinauskleidung die Lichtintensität noch geringer werden mußte, liegt auf der Hand. Darum wurde zur Kontrolle die Kölbchenreihe mit der Paraffinumkleidung angebracht. Der Versuch stand an einem Westfenster. Während nun in allen vier Kölbchen »ohne Paraffin« am 13. November bereits reichliche Kolonien entstanden waren und am 25. November der Boden mit einer Diatomeenschichte ganz bedeckt war, begann die Entwicklung am 13. November erst in einem Kölbchen mit Paraffinumkleidung und erst am 6. Februar 1904 war bei allen Kölbchen dieser Sorte der Boden tiefbraun gefärbt von Diatomeenmassen.

Es hatte also die Halbschattenwirkung, die der Paraffinmantel in den Wintermonaten hervorbringt, in Übereinstimmung mit Erfahrungen Miquel's[3] die Diatomeen nicht zur erheblichen Vermehrung kommen lassen, doch hatten die Diatomeen die Fähigkeit, bei günstigerer Beleuchtung mit Vermehrung zu antworten, durch die lange Zeit des Versuches nicht eingebüßt. Der Versuch lehrt übrigens, wie notwendig die Kontrollversuche mit Paraffinauskleidung waren, denn bis zum 25. November sahen die Kölbchen *A* bis *D* (Paraffin innen) und *A* bis *C* (Paraffin außen) völlig gleich aus, wodurch beim Abbrechen des Versuches in diesem Momente unsichere Schlüsse bezüglich der Notwendigkeit der Kieselsäure hätten gezogen werden können.

Schon der nächste Versuch, am selben Westfenster aufgehängt, zeigt die völlige Verwischung der Unterschiede bei

---

[1] P. Miquel, II., l. c., p. 125.

[2] Oswald Richter, l. c., p. 503.

[3] P. Miquel, l. c., p. 97.

Digitized by Google

den Kölbchen mit Paraffinumkleidung und ohne Paraffin. Der Versuch währte vom 29. Februar bis 7. Mai 1904. Die Lichtintensität hat in diesen Monaten schon so zugenommen, daß der Paraffinmantel keine wesentliche Lichthemmung mehr vorstellt. Ja, die gesteigerte Lichtintensität im April und Mai läßt den Diatomeenbelag in 1) bereits verbleichen, während in 2) gerade zu dieser Zeit das üppigste Aussehen zu bemerken ist.

Der nächste Versuch, am selben Fenster gemacht, zeigt nun überhaupt nur in den mit Paraffin versehenen Kölbchen eine Entwicklung. Die Kölbchen ohne Paraffin bleiben wasserklar. Offenbar unterlagen die wenigen Diatomeen der jeweiligen Impfmassen der zerstörenden Wirkung der Lichtstrahlen und kamen auf diese Weise gar nicht zur Erzeugung einer Nachkommenschaft.

Daß bei späteren Versuchen auch in den Kölbchen mit Paraffinmantel keine Entwicklung mehr zu bemerken war, erkläre ich mir aus dem Umstande, daß ja bis zur Erkenntnis von der Notwendigkeit der Kieselsäure immer von denselben »Ca- und Si-freien« Agar- und Gelatinestammkulturen abgeimpft wurde, so daß die Diatomeen, wie ja auch Veraschungspräparate zeigten, relativ wenig Kieselsäure mitbekamen und nun mit den vielleicht gerade in schwerer löslichem Glase gehaltenen Si-Mengen nicht ihr Auslangen zu finden vermochten.

Es geht somit aus den mitgeteilten Versuchen hervor, daß die Diatomeen, im besonderen die *Nitzschia Palea*, an eine optimale Lichtintensität angepaßt sind, daß sie lange Zeit im Halbschatten auszuhalten, starkem Licht aber bloß einen geringen Widerstand zu leisten vermögen.

Bei meinen Versuchen an den Westfenstern wurde daher immer mit einem Vorhange während der Sonnenbelichtung abschattiert und bei den Nordfenstern vom Monate Mai und Juni an ein durchscheinendes weißes Papier vor den Kulturen, die am Fenster hingen, befestigt, wodurch eine Lichtintensität erzielt wurde, die in paraffinfreien Versuchsreihen, also N-, C-Versuche, eine prachtvolle Entwicklung ermöglichte. Vor Versuchen, deren Kölbchen durchwegs

Digitized by Google

Paraffinauskleidungen oder Paraffinmäntel hatten, kann jene Maßregel auch unterbleiben.

Eine wie große Rolle der Lichtintensität bei der Diatomeenentwicklung zukommt, beweist jede Plattenkultur, die man macht. Während man im Winter 14 bis 21 Tage auf makroskopisch sichtbare Kolonien warten muß, erscheinen sie bereits in vier bis fünf Tagen im Frühjahr und Sommer. Ich hebe das nochmals hervor, da man beim Lesen des Referates meiner Arbeit im Bot. Zentr.,[1] wo es heißt:

»Nach 48 Tagen wurden auf einer Agarplatte schöne Diatomeenkolonien von zweifachem Habitus beobachtet«.

den Eindruck bekommt, als ob man 48 Tage warten müßte, um eine Kolonie zu erhalten — es hätte betont werden sollen: im Winter — und man sich danach von der Verwertbarkeit der Kulturmethode eine unrichtige Vorstellung macht und an der Zweckmäßigkeit einer Ausarbeitung derselben zu zweifeln beginnt. Gerade das Gegenteil ist am Platze.

Schon Miquel[2] erwähnt, wenn es sich hier nicht bloß um die Ausbreitung der Impfmasse handelt, daß *Nitzschia Palea* nach 12 Stunden eine makroskopisch sichtbare Entwicklung zeigen kann:

»La Nitzschia palea abandonné à 32—33° sous l'action d'une lumière très vive, pullule si promptement que douze heures après son ensemencement, dans une maceration nutrificé avec de la paille, son développement est nettement visible à l'oeil nu, alors que beaucoup de cryptogames et de bactéries, ne se manifestent en aucune manière au bout d'un temps si court dans les bouillons où on les sème.«

3. Welche Lichtstrahlen sind für die Diatomeen am günstigsten?

V. Heurck,[3] der bis 1892 seit 1886 Kulturen mariner Diatomeen besaß, fand, daß die dunkelblauen Strahlen für das Leben der Diatomeen günstig waren. Miquel[4] ergänzte diese

---

[1] L. c., p. 509.

[2] P. Miquel, II., l. c., p. 170.

[3] V. Heurck, zitiert nach P. Miquel, vergl. Note 4.

[4] P. Miquel, II., l. c., p. 97.

Digitized by Google

Beobachtung dahin, daß noch ein zweites Optimum für die Diatomeenentwicklung im Gelb besteht, in den roten Strahlen sei keine Vermehrung bemerkbar.

»L'eminent diatomiste de Belgique, M. le Dr. Van Heurck, qui possède dans son laboratoire une culture spontanée de diatomées marines depuis 1886, et se continuant encore aujourd'hui, a remarqué que les rayons bleus étaient favorables à la vie des diatomées, son observation a beaucoup de justesse; en effet, deux sortes de rayons sont utiles aux diatomées: les rayons bleus et les rayons jaunes; dans les rayons rouges leur multiplication n'est pas sensible.«

Sehr vorteilhaft sei daher die Zucht in weißem Licht unter Dosen aus zimtbraunem Opalglas.[1] Jede Strahlengattung für sich allein sei natürlich weniger vorteilhaft als alle zusammen, als weißes Licht.[2] Auch verhielten sich verschiedene Diatomeen verschieden. *Pleurosigma Balticum* wachse im gelben Lichte herrlich.[3]

Ich möchte aber doch hervorheben, daß an keiner Stelle in Miquel's Arbeit von der spektroskopischen Überprüfung der verwendeten Gläser die Rede ist. Darnach sind die gewiß sehr interessanten Resultate von den beiden Maxima noch nicht völlig einwandfrei.

Meine diesbezüglichen Erfahrungen stützen sich auf Experimente mit Plattenkulturen unter Senebier'schen Glocken, auf solche mit Strichkulturen, die in mit Kaliumbichromat, beziehungsweise Kupferoxydammoniak gefüllten Eprouvetten[4]

---

[1] P. Miquel, II., l. c., p. 98.

[2] P. Miquel, II., l. c., p. 170.

[3] P. Miquel, II., l. c., p. 128.

[4] Herrn stud. phil. Josef Reinelt bin ich für die Idee und Anleitung zu dieser Versuchsanstellung sehr zu Danke verpflichtet, da sie kaum an Einfachheit übertroffen werden kann. Dicke Eprouvetten von $3^1/_2$ *cm* Durchmesser und 16 *cm* Höhe werden mit der Absorptionsflüssigkeit so weit gefüllt, daß beim Eintauchen der Kultureprouvette die Flüssigkeit bis an den oberen Rand der dicken Eprouvette heraufreicht. Ein durchbohrter Stöpsel hält die Kultureprouvette und verhindert das Abdunsten. Um Oberlicht zu vermeiden, ist über ihn und den Wattepfropf der Kultureprouvette eine Kappe aus schwarzem Papier gestülpt. Auch E. Bertarelli hat seinerzeit sehr praktische Eprouvetten für derartige Kulturen angegeben: »Pruvetten zur Anfertigung aerober und anaerobischer Kulturen unter Einwirkung kolorierter Strahlen«, Z. f. B. und P. 1903, 2. Abt., p. 739.

Digitized by Google

eingetaucht waren, und auf Versuche mit Zsigmondy'schen[1] Gläsern, welche über den erwähnten Büchsen lichtdicht angebracht waren.

Leider bin ich bis heute zu keinem abschließenden Urteile nach dieser Richtung gelangt, weil mir der Einwand der zu niedrigen Lichtintensität hinter Kupferoxydammoniak zu schwerwiegend erscheint, um meine für die Wirkung gerade der blauen Strahlen ungünstig sprechenden Experimente unter Senebier'schen Glocken und in den genannten Tuben zu denen van Heurck's und Miquel's in Gegensatz zu stellen. Vorläufig sprachen nämlich alle Experimente nur für eine fördernde Wirkung im gelben Spektralteile.

Mit Zsigmondy's Gläsern habe ich erst in einem Sommer gearbeitet, also noch viel zu wenig, um mit den betreffenden Notizen vortreten zu können, doch verspreche ich mir von ihnen noch das meiste.

Wenn wir also die bisherigen Beobachtungen über die Lichtfarben in ihrer Wirkung auf Diatomeen miteinander vergleichen, so müssen wir uns eingestehen, daß jene Strahlengattung, die auf das Diatomeenwachstum am günstigsten wirkt, bis heute noch nicht einwandfrei ermittelt ist.

4. Über Phototaxis der Diatomeen.

Von Stahl[2] rühren, wie bekannt, die ersten Beobachtungen über Phototaxis bei Diatomeen her; sein Versuchsobjekt war eine *Navicula*. Verworn[3] hat dessen Beobachtungen über positive Phototaxis bei schwacher und negative bei starker Beleuchtung bestätigt und mit seinen Versuchsobjekten, der *Navicula brevis* und einer nicht näher bestimmten *Stauroneïs*

---

[1] R. Zsigmondy, Über Farbgläser für wissenschaftliche und technische Zwecke. Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1901, Heft 4.

[2] E. Stahl, Über den Einfluß von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche. Bot. Zeitg., 1880, p. 38.

[3] M. Verworn, Psycho-physiologische Protistenstudien. Jena 1889, p. 46 bis 50.

Digitized by Google

Experimente über die Wirkung verschiedener Farben auf die Phototaxis angestellt; dabei erwiesen sich als allein wirksam die kurzwelligen Strahlen. Die Versuchsanstellung[1] war dabei stets die,

»...daß ein Tropfen des diatomeenhaltigen Wassers auf eine Glasplatte gebracht wurde und in die Mitte derselben ein mit Diatomeen dicht besetztes Schlammstückchen gesetzt wurde...« Auf die Glasplatte, die in ein schwarzes Kästchen gegeben wurde, fiel durch eine Öffnung Licht.

Später hat Miquel[2] bei seiner Versuchsanordnung für mikroskopische Untersuchungen an Diatomeen deren Phototaxis wieder beobachtet:

»Aussi pour la culture de certaines diatomées, surtout de celles qui viennent chercher la lumière, on expose la cellule à l'action des rayons...«

Er hat dazu eine eigene Kulturkammer konstruiert, über die im Originale nachgelesen werden muß.

Bei meinen Versuchen mit Agar und Gelatineplatten[3] konnte ich durch Zerziehen der Kolonien in der Lichtrichtung die Phototaxis für *Navicula minuscula* und *Nitzschia Palea* nachweisen. In der Folge habe ich bei einer Unzahl von Platten und Kulturen anderer Art diese Erscheinung immer wieder gesehen, so daß es ganz zweifellos ist, daß die Diatomeen im stande sind, bei geeigneter Versuchsanstellung das Licht aufzusuchen.

Es mögen nur mehr einige Rezepte angemerkt werden, die es gestatten, das Phänomen in geradezu klassischer Schönheit zu demonstrieren.

1. 200 *cm*³-Kölbchen werden bis zu $1^1/_2$ *cm* Höhe mit anorganischem Agar oder Gelatine gefüllt, sterilisiert und erkalten gelassen, darauf mit fünf Stichen Diatomeen in Kreuzesform eingetragen. Nach kurzer Zeit wandern die wachsenden »Auflagen« gegen das Licht.
2. Auf analog beschickte Kölbchen werden Diatomeen in einem Striche geimpft und dieser senkrecht zum Lichteinfall eingestellt. Die gelungene Kultur sieht wie gekämmt aus.

---

[1] M. Verworn, l. c., p. 46.
[2] P. Miquel, II., l. c., p. 166.
[3] Oswald Richter, l. c., p. 503.

Digitized by Google

3. Stichkulturen mit Agar oder Gelatine (vergl. Fig. 7, 8), ans Fenster gehängt, zeigen alsbald einen ganz einseitigen Bau und schicken ihre Diatomeenmassen, Strahlen gleich, gegen das einfallende Licht.

Eine besondere Erwähnung verdienen jene Fälle von Gelatinestrichkulturen, die, bei gleicher Beleuchtung wie die genannten Stichkulturen hängend, die Nitzschien büschelartig von dem einfallenden Lichte weg gegen das Zimmer hin wachsen ließen. Zunächst konnte natürlich in Anbetracht der zitierten Beobachtungen von Stahl[1] an negative Phototaxis gedacht werden.

Dabei mußte nur auffallen, daß die Nitzschien in den daneben hängenden Stichkulturen, wie schon bemerkt, gegen das einfallende Licht strebten. Betrachtete man nun solche Strichkulturen genauer, so war eine starke Konzentration des Lichtes durch die Gelatine an der der Lichtseite abgewendeten Eprouvettenseite zu bemerken. Was hier vorlag, war also wieder positive Phototaxis, nur hatten die Diatomeen zwischen zwei starken Lichtquellen die stärkere herauszufinden gewußt. Das gibt mir Gelegenheit, auf die interessante Arbeit von Chmielewsky[2] hinzuweisen, der nachgewiesen hat, daß das, was gewöhnlich als negative Phototaxis bezeichnet wird, als »scharf ausgedrückte Erscheinungen positiver Phototaxis« aufzufassen sei, eine Tatsache, die sich einfach daraus erklärt, daß man nie auf den Strahlengang im Hängetropfen Rücksicht genommen hat. Nach seinen Untersuchungen sind jetzt auch die Bemerkungen Stahl's und Verworn's über negative Phototaxis der Diatomeen fraglich geworden, bestimmt läßt sich nur das Eine sagen:

Die Diatomeen zeigen bei geeigneter Versuchsanstellung positive Phototaxis.

Da hier von Beziehungen der Diatomeen zum Lichte die Rede ist, möchte ich im Vorbeigehen die von Schütt,[3]

---

[1] E. Stahl, l. c., p. 38.

[2] V. Chmielewsky, Über Phototaxis und die physikalischen Eigenschaften im Kulturtropfen. Beil. z. bot. Z., Bd. XVI, 1904, H. 1, p. 62.

[3] F. Schütt, Die Peridineen der Planktonexpedition. Kiel und Leipzig, 1895, p. 110.

Digitized by Google

Karsten[1] und Benecke[2] bei Diatomeen beobachtete Reizplasmolyse erwähnen, die darin besteht, daß die genannten Algen auf Reize, z. B. den Lichtreiz, mit Zurückziehung des Plasmas reagieren.

Fassen wir sonach unsere derzeitigen Kenntnisse über die Lichtwirkung zusammen, so werden sie sich in den folgenden Sätzen kurz wiedergeben lassen:

1. Für die Diatomeen *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* ist derzeit Licht zu ausgiebiger Entwicklung absolut notwendig. Für *Navicula perpusilla* soll es nach Karsten bei reichlicher organischer Ernährung entbehrlich sein.

2. Die geringe Wachstumsförderung und Zellvermehrung, die Karsten bei seinen Zählversuchen mit *Nitzschia Palea* in Dunkelkulturen feststellte und ich bei Gelatinedunkelkulturen von *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* beobachtet habe, dürfte sich als durch physiologische Nachwirkung bedingt herausstellen.

3. Gefärbte wie farblose Diatomeen vertragen eine lange Verdunkelung ohne abzusterben.

4. Die braunen Diatomeen sind auf eine bestimmte Lichtintensität gestimmt, die als optimal bezeichnet werden kann.

5. In gelben Strahlen gedeihen die Diatomeen nach meinen Untersuchungen sehr gut; ob diese Strahlengattung die einzige ist, die ihr Gedeihen fördert, oder ob noch andere Strahlen als besonders günstig bezeichnet werden können, ist derzeit noch nicht einwandfrei ermittelt.

6. Die Diatomeen *Navicula* sp., *Navicula brevis*, *Stauroneïs* sp. zeigen nach Stahl's und Verworn's, gewisse andere nach Miquel's, *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* nach meinen Untersuchungen zweifellos positive Phototaxis. Die negative ist durch einige meiner Experimente im Hinblick auf Chmielewsky's Arbeit fraglich geworden.

---

[1] G. Karsten, Die Diatomeen der Kieler Bucht. Wiss. Meeresunters., herausgeg. von der Komm. zur Unters. der deutschen Meere etc. Abt. Kiel. N. F., Bd. 4, 1899.

[2] W. Benecke, l. c., p. 554 bis 555.

Digitized by Google

XIV. Alter der Diatomeenkulturen.

Gelatinekulturen halten sich am längsten. Ist die Gelatine so weit verflüssigt, als der Stichkanal gereicht hat, so sintert die Diatomeenmenge langsam zusammen, immer verflüssigend, und sinkt dabei bis auf den Boden der Eprouvette; hier erhalten sich nun die Diatomeen jahrelang im Licht am Leben. Ich habe heute noch einige meiner ersten Reinkulturen, die noch völlig lebenskräftig aussehen.

Aber auch von Agarstichkulturen besitze ich welche vom 7. September 1904 und ich bin überzeugt, wenn ich die betreffenden Eprouvetten außer dem Wattepfropf, wie ich dies mit Anabänen und Oszillarienkulturen vor zwei Jahren getan habe, mit Kork und venetianischem Terpentin vor dem Austrocknen geschützt hätte, würde ich sie noch ebensolang erhalten können.

XV. Genügsamkeit der Diatomeen.

Das eben Erwähnte gibt einen Beweis für diese hervorragende Eigenschaft besonders der Nitzschien, eine Eigenschaft, die für eine ganze Menge von Versuchen vom Experimentator störend empfunden wird. Ein Agar, gut gewässert und mit den anorganischen Salzen versehen, ermöglicht bei Ausschluß von Stickstoff ein gutes Gedeihen. Die Spuren von Kieselsäure, die bei der Sterilisation aus dem Glase gelöst werden, reichen zur Entwicklung der Algen in Paraffingefäßen aus und dieselbe Genügsamkeit gestattet uns heute in der Ca-Frage noch kein abschließendes Urteil. Auch wird es nie gelingen, ein positives Auxanogramm zu erzeugen, wenn man nicht mit Berücksichtigung jener Eigenschaft zu einem Agar ohne jeden Zusatz greift. Daß man sich zweckentsprechende Gelatine ohne Salzzusatz erzeugen kann, erscheint darnach selbstverständlich.

Digitized by Google

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Arbeit.

1. Vorläufig ist es für die Diatomee *Nitzschia Palea* (Kütz.) W. Sm. bewiesen, daß sie Kieselsäure unumgänglich notwendig hat.

2. Es ist sehr wahrscheinlich gemacht worden, daß sie und die Diatomee *Navicula minuscula* Grun. V. H. ohne Ca nicht auszukommen vermögen.

3. Magnesium ist in Übereinstimmung mit früher bereits mitgeteilten Befunden als notwendiger Nährstoff für *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* erkannt worden.

4. Beide Diatomeen vermögen den organisch gebundenen Stickstoff zu assimilieren. Am besten eignet sich von den untersuchten organischen Stickstoffquellen Asparagin und Leucin. Freier Stickstoff wird von der *Navicula* sicher nicht, von der *Nitzschia Palea* wahrscheinlich nicht verwertet.

5. Beide rein gezüchtete Diatomeen werden im Lichte bei Darbietung gewisser organischer Substanzen ungemein gefördert, da sie die Fähigkeit besitzen, Kohlehydrate und höhere Alkohole zu verwerten.

6. Die beiden kultivierten Diatomeen kommen im Lichte auch ohne Sauerstoffzufuhr aus, da sie sich den O selbst zu erzeugen vermögen, scheinen aber trotzdem an eine bestimmte Sauerstoffzufuhr von außen angepaßt zu sein.

7. In Übereinstimmung mit Miquel's und Karsten's Befunden an Diatomeen und denen von Molisch für Grün- und Blaualgen wurde eine schwach alkalische Reaktion des Nährsubstrates als zweckmäßig erkannt.

8. Im Anschluß an frühere Experimente wurde festgestellt, daß sich die beiden Süßwasserdiatomeen bei den vorhandenen Versuchsbedingungen auch durch Gewöhnung an keinen höheren Kochsalzgehalt als einen zweiprozentigen anzupassen vermögen. 2% ClNa stellt also die obere Grenze für ihr Gedeihen vor. Andrerseits wurden Meeresformen bereits auf 1% ClNa-haltigem Agar gezogen.

9. Es gelang, durch Ca-Salze auf nährsalzfreiem gewässerten Agar positive, auf nährsalzhaltigem durch andere, nament-

Digitized by Google

lich sauer reagierende Stoffe negative Auxanogramme hervorzurufen.

10. Mit Hilfe der Auxanogrammethode konnte die oligodynamische Wirkung von Kupfer- und Nickelmünzen auf Diatomeen zur Anschauung gebracht werden.

11. Von Ausscheidungen der Diatomeen wurde Kohlensäure beobachtet, die sich durch Bildung von $CaCO_3$ in Careichem Substrate verriet. Mit Sicherheit konnte festgestellt werden: ein gelatine- oder eiweiß- und ein agarlösendes Ferment. Das Gas, das in Gelatine- und Agarschüttelkulturen im Lichte beobachtet werden kann, ist der Hauptmasse nach höchstwahrscheinlich Sauerstoff.

12. Die kultivierten Diatomeen brauchen zu ihrer Entwicklung Licht, doch können sie eine monatelange Verdunklung ertragen. Die auch von Karsten beobachtete geringe Vermehrung im Dunkeln dürfte sich aus einer physiologischen Nachwirkung des Lichtes erklären. Die gelben Strahlen haben sich für das Gedeihen der Diatomeen sehr günstig erwiesen. Ob sie die einzigen günstig wirkenden Strahlen sind, bleibt noch zu untersuchen.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinen Dank meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Molisch, zu wiederholen für die gütige Überlassung der mit so viel Mühe gereinigten Nährsalze sowie für die vielen Anregungen, Winke und Ratschläge, die mir von seiner Seite zu teil wurden, dann aber meinem Freunde Franz Ruttner, Demonstrator des pflanzenphysiologischen Institutes, der mir durch seine Kunst im Photographieren ganz wesentliche Belege der Arbeitsergebnisse verschafft hat.

Digitized by Google

Figurenerklärung.

Tafel IV.

Fig. 1. Zwei Kölbchen mit Paraffinauskleidung
a) mit Kieselsäurezusatz,
b) ohne » vergl. Text p. 36.

Fig. 2. Ein Versuch mit Gelatine verschiedenen Kochsalzgehaltes, durchgeführt mit *Nitzschia Palea* (Strichkulturen):
Mit steigendem Kochsalzgehalte geringere Entwicklung.
2% ClNa gibt unter diesen Verhältnissen deren obere Grenze an. Vergl. Text p. 80.

Fig. 3. Wiedergabe des auf p. 100 beschriebenen Lichtversuches.

Tafel V.

Fig. 4 und 5. Darstellung des auf p. 69 beschriebenen Versuches über die Assimilation der Kohlehydrate und Alkohole durch Diatomeen.

Die Zahlen bedeuten: 1 Stammgelatine,
2 mit Erythritzusatz,
3 mit Mannitzusatz,
4 mit Dulzitzusatz,
5 mit Milchzuckerzusatz,
6 mit Traubenzuckerzusatz,
7 mit Lävulosezusatz,
8 mit Rohrzuckerzusatz,
9 mit Maltosezusatz,
10 mit Inulinzusatz und
11 mit Glyzerinzusatz.

Der in Fig. 4 dargestellte Versuch wurde mit *Nitzschia Palea*, der, den Fig. 5 wiedergibt, mit *Navicula minuscula* durchgeführt.

Wenn es in der Photographie Fig. 4 in 3) und 4) den Anschein gewinnt, als ob die Entwicklung in diesen Eprouvetten eine geringere wäre als in 1), so hat das seinen Grund darin, daß fast die ganze große Diatomeenmasse infolge der früher auftretenden Lösung der Gelatine heruntergerutscht und zusammengesintert ist und sich unten — in der Photographie sieht man tiefdunkle Stellen — angesammelt hat; vergl. Text p. 69 und 92.

Digitized by Google

Fig. 6. Stellt einen Versuch über Oligodynamie dar.
Soweit als die unendlich kleinen Mengen Nickel des Zwanzighellerstückes reichen, die sich im umgebenden Agar gelöst haben, sind alle bei der Impfung eingetragene Diatomeen abgestorben. Erst außerhalb dieser Giftzone ist üppige Entwicklung zu bemerken: ein negatives Auxanogramm; vergl. Text p. 85.

Fig. 7 und 8. Sollen in meiner ersten Arbeit noch nicht wiedergegebene Gelatinestichkulturen zeigen, den großen Unterschied derselben je nach der geimpften Diatomee klarmachen und sowohl zur Illustration der in solchen Kulturen sehr schön auftretenden Phototaxis (vergl. *Ni* und Text p. 110) als der fortschreitenden Gelatineverflüssigung dienen (vergl. Text p. 90). Wie die gleichalten Kulturen zeigen, ist diese bei der *Nitzschia Palea (Ni)* viel intensiver als bei der *Navicula minuscula (Na)*, so daß man entweder von einem stärker peptonisierenden Fermente bei ihr sprechen kann oder von größeren in gleicher Zeit abgeschiedenen Mengen eines gleich starken.

Digitized by Google

Inhaltsangabe.

Seite

Einleitung 27

Historisches über Reinkulturen und die Ernährungsphysiologie der Diatomeen 32

I. Die Notwendigkeit der Kieselsäure für die Diatomee *Nitzschia Palea* (Kütz) W. Sm. 32

a) Orientierende Versuche 33

1. Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse . Taf. I und II

2. Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorversuche . . 33

3. Ein anscheinend widersprechender Versuch (vergl. auch Taf. II) 35

b) Entscheidende Versuche über die Notwendigkeit der Kieselsäure für das Gedeihen der *Nitzschia Palea* 37

1. Vorbereitungen 37

α. Destillation 37

β. Herstellung der Nährlösung (Stammlösung) . . . 38

2. Die eigentliche Versuchsanstellung (vergl. auch Taf. II) 40

3. Zusammenfasssung der Ergebnisse (vergl. auch Taf. II) 41

c) Historisches über die Notwendigkeit der Kieselsäure . . 42

1. Für Diatomeen (widersprechende Anschauungen, Membranbildung) 42

2. Für andere Pflanzen 47

II. Die Notwendigkeit des Ca für die Diatomee *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* 49

III. Die Notwendigkeit des Mg für die Diatomeen *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* 55

IV. Über die Notwendigkeit gebundenen N für die Diatomeen *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* sowie deren Fähigkeit, organisch gebundenen Stickstoff im Lichte zu assimilieren . . 56

Historisches 56

1. Versuchsanstellung 58

2. Tabellen . . . . . Taf. III

3. Zusammenfassung der Ergebnisse 58

4. Frühere Erfahrungen über Stickstoffernährung; eigene und die anderer an Diatomeen, welche geeignet sind, die Ergebnisse der großen Versuche zu stützen . . . 60

Digitized by Google

Seite

Bemerkungen über die von Miquel, Benecke und Karsten beobachtete Reduktion der Chromatophoren 64
5. Ausblick auf die Bedeutung der Diatomeen für die Flußreinigung 66
V. Über die Assimilation von Kohlehydraten durch die Diatomeen *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* 67
1. Versuche mit Gelatine 67
Historisches 67
a) Versuchsanordnung 68
b) Versuchsergebnisse 69
2. Versuche mit Nährlösungen 70
a) Versuchsanstellung 70
b) Tabellen . . . . . Taf. IV
c) Zusammenfassung der Ergebnisse 71
VI. Über das Verhalten der Diatomeen *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* gegen den atmosphärischen und den von der Nährsubstanz absorbierten Sauerstoff 73
VII. Die Reaktion der Nährlösung und des Nährbodens 75
VIII. Einfache Rezepte zur Darstellung einer Nährgelatine für Diatomeen 78
Zusammensetzung eines guten Agars 78
IX. Der Einfluß verschiedener Kochsalzkonzentrationen auf das Wachstum der beiden kultivierten Diatomeen 79
X. Auxanogramme 83
Positive Auxanogramme 83
Negative Auxanogramme 84
XI. Versuche über Oligodynamie 84
XII. Ausscheidungen der Diatomeen 86
1. Versuche über Säureabsonderung bei Diatomeen . . 87
a) Mit Lackmusgelatine 87
b) Mit $CaCO_3$ 87
c) $CaCO_3$-Abscheidung durch Diatomeen 88
2. Versuche über die Abscheidung von Alkali 90
3. Versuche über die Ausscheidung von Fermenten . . 90
a) Ausscheidung eines proteolytischen Enzymes . . 90
b) Ausscheidung eines agarlösenden Fermentes . . 92
c) Versuche über die Ausscheidung eines diastatischen Fermentes 92
d) Versuche über die Ausscheidung anderer Stoffe . . 92
e) Versuche über die Ausscheidung und Entwicklung von Gasen 93

Digitized by Google

Seite

XIII. Der Einfluß des Lichtes auf die Diatomeen, im besonderen auf *Nitzschia Palea* und *Navicula minuscula* 94

1. Gedeihen die genannten Diatomeen auch im Dunkeln? Historisches, eigene Versuche, »photomechanische Zellteilungsinduktion«, die Antwort auf die obige Frage, eine neue Versuchsanstellung mit Blechbüchsen für Lichtversuche mit Algen 94
2. Welche Lichtintensitäten erweisen sich bei der Zucht von Diatomeen am günstigsten? Historisches, eigene Versuche. Antwort auf die obige Frage. Zweckmäßige Vorkehrungen bei der Diatomeenzucht 103
3. Welche Lichtstrahlen sind für die Diatomeen am günstigsten? Historisches, eigene Versuche. Praktische Kultureprouvetten für Untersuchungen mit farbigen Lösungen. Derzeitige Antwort auf die obige Frage 106
4. Über Phototaxis der Diatomeen: Historisches, eigene Untersuchungen. Ergebnis . . . 108 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse über den Einfluß des Lichtes auf die Diatomeen 111

XIV. Alter der Diatomeenkulturen 112

XV. Genügsamkeit der Diatomeen 112

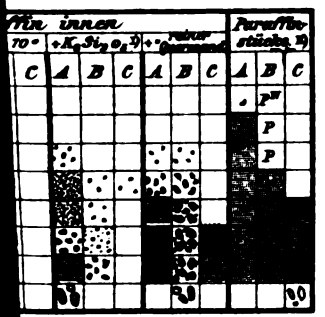
Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Arbeit . . 113

Figurenerklärung 115

Digitized by Google

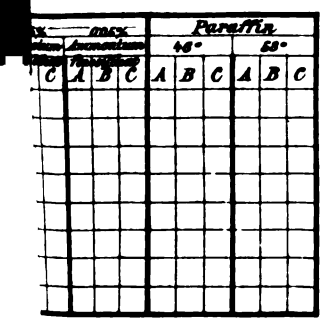
Digitized by Google

Nitzschia Palea.



grösseres Stückchen $K_2Si_2O_5$
kleines " "
" "

n nicht sterilisiert.
dicke, grosse Diatomeenpanzer.



askolben

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Druck v. Max Jaffé, Wien

Digitized by Google

Digitized by Google

IV. Vorversuch mit 1L-Kolben vom 27/III. 1904.

Stammlösung:
1000 gr H_2O
02 - KNO_3
02 - K_2HPO_4
005 - $MgSO_4$
Spur $FeSO_4$

Anm: P-Pilzrasen, wurden vor der Neuimpfung in II entfernt.
** bezeichnet die Reagentien aus der Sammlung des Prof Molisch.*

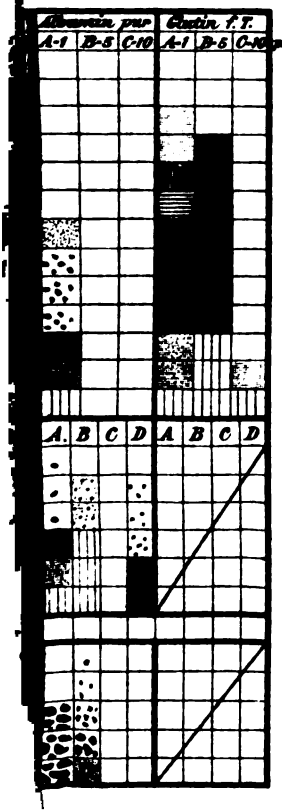
Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

k. v. Max Jaffé, Wien
906.

Digitized by Google

Digitized by Google

Taf III.



Versuchen

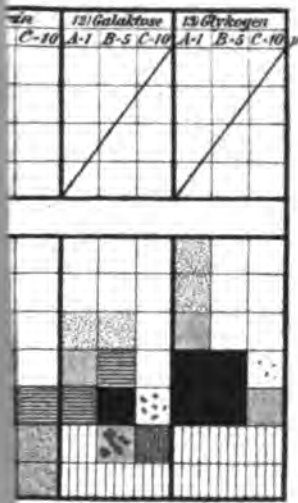
Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Verl. v. Max Jaffé, Wien

bt. I. 1906.

Digitized by Google

Digitized by Google



Temp. rund 18° C.

Der Versuch bestand aus 33 Kölbchen à 70 cm³.

nkolonne.
d.

ntone
ng.

-Stücke als Lebensquellen.

Lit. Anst. v. Th. Bauer u. Sch. Wien.

k. v. Max Jaffé, Wien

Digitized by Google

bt. I. 1906.

Digitized by Google

a Fig. 1.. b

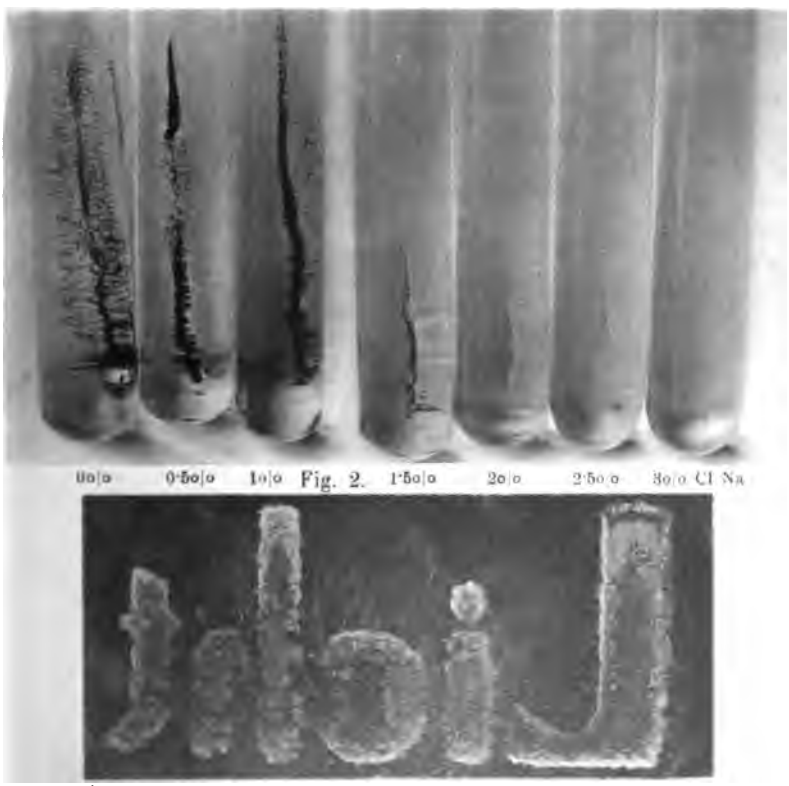


Fig. 2.

Fig. 3.

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien

Digitized by Google

Digitized by Google

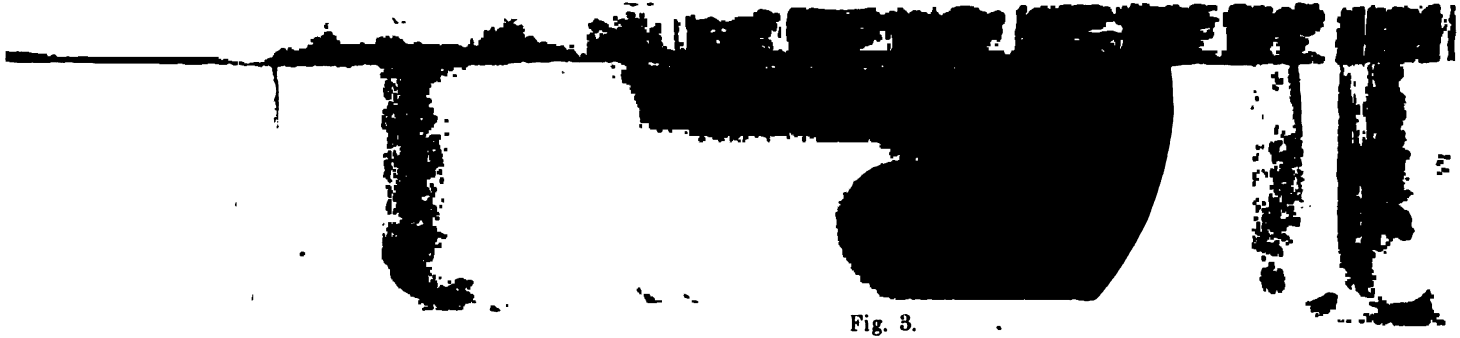


Fig. 3.

Na Ni Na Ni

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien

Digitized by Google

Digitized by Google

Ergebnisse der mit Subvention aus der Erbschaft Treitl unternommenen zoologischen Forschungsreise Dr. Franz Werner's in den ägyptischen Sudan und nach Nord-Uganda.

Cestoden aus Fischen, aus Varanus und Hyrax

von

Dr. **Bruno Klaptocz.**

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. Jänner 1906.)

Die im nachfolgenden behandelten Cestoden wurden von Dr. F. Werner während seiner im Frühjahr 1905 vollführten Reise in den Nordostsudan (von Khartum am Weißen Nil und dann am Bahr el Gebel bis etwas südlich von Gondokoro im nördlichen Uganda) gesammelt und größtenteils gleich an Ort und Stelle konserviert, und zwar in Formol mittels der Schüttelmethode.

Ebenso wie auf dieser Reise, so hatten sich auch schon auf der ersten Reise Dr. F. Werner's im Sommer 1904 (von den Nilmündungen bis Wadi Halfa) die Fische des Nils als sehr arm an Parasiten überhaupt wie auch speziell an Cestoden erwiesen.

Die genaueren Verhältnisse werden durch die folgende Tabelle erläutert.

Bevor ich in die Beschreibung der einzelnen Arten eingehe, sei es mir gestattet, meinem Dank Ausdruck zu verleihen: an erster Stelle Herrn Prof. Dr. K. Grobben für die Überlassung eines Arbeitsplatzes in seinem Institute, sodann Herrn Prof. Dr. Th. Pintner für seine freundlichen Ratschläge sowie die gütige Unterstützung mit selteneren Schriften aus seiner Privatbibliothek und schließlich insbesondere Herrn

Digitized by Google

Privatdozenten Dr. F. Werner für die freundliche Anvertrauung des von ihm gesammelten Cestodenmaterials.

Tabelle über die auf Parasiten untersuchten Fische.

Art des Fisches	Zahl der untersuchten Exemplare		Davon mit Parasiten[1]
	Sommer 1904	Frühjahr 1905	
1. *Polypterus bichir* Geoffr.	—	1	C
2. » *Endlicheri* Heckel	—	1	C
3. *Petrocephalus bane* Lacep.	2	—	—
4. *Mormyrus longirostris* Peters	—	1	—
5. *Gymnarchus niloticus* Cuv.	—	1	—
6. *Heterotis niloticus* Cuv.	—	1	N, Co
7. *Hydrocyon Forskalii* Cuv.	2	—	—
8. » *lineatus* Blkr.	—	1	Co
9. *Alestes baremose* Joannis	15	—	—
10. » *dentex* L.	—	2	—
11. » *nurse* Rüppell	—	8	—
12. » *macrolepidotus* Cuv. e Val.	—	1	—
13. *Citharinus citharus* Geoffr.	—	2	1 N
14. *Distichodus* spec.	—	1	—
15. *Labeo niloticus* Forskal.	12	—	—
16. *Barbus bynni* Forskal.	—	2	—
17. *Barilius Loati* Blngr.	—	2	—
18. *Clarias lazera* Cuv. e Val.	6	—	—
19. » *anguillaris* L.	—	1	N
20. *Schilbe mystus* L.	2	—	—
21. *Bagrus bayad* Forskal	—	2	1 Co
22. *Chrysichtis auratus* Geoffr.	3	—	—
23. *Clarotes laticeps* Rüppell.	—	3	1 C
24. *Malopterurus electricus* Gmelin	—	3	—
25. *Synodontis sorex* Günther	—	1	—
26. » *schal* Bl. Schn.	6	—	—
27. » *nigrita* Cuv. e Val.	—	2	—
28. *Ophiocephalus obscurus* Günther	—	2	—
29. *Anabas Petherici* Günther	—	2	—
30. *Lates niloticus* Hasselq.	1	1	—
31. *Tilapia nilotica* L.	16	4	—
	110		3 C, 3 N, 3 Co

[1] C = Cestoden, N = Nematoden, Co = Parasitische Copepoden.

Digitized by Google

Ichthyotaenia sulcata nov. spec. (Fig. 1 bis 10).

Diese vielgestaltige Art liegt aus zwei verschiedenen Wirten, aus jedem in größerer Individuenzahl vor.

Sie wurde in einem am 15. April 1905 bei Duem im Weißen Nil gefangenen *Polypterus Endlicheri* Heckel von 622 *mm* Länge, dem einzigen Exemplar dieses Fisches, das von Dr. Werner erbeutet wurde, gefunden.

Der gleiche Parasit wurde dann in einem kurz darauf (19. April 1905) gefangenen *Clarotes laticeps* Rüppell gefunden, einem Wels, der zu den größten Nilfischen zählt und die Nordgrenze seines Vorkommens ungefähr bei Khartum erreicht, den Brennpunkt seiner Verbreitung im Weißen Nil zwischen Khartum und Faschoda (Kodok). Von drei etwa 30 *cm* langen Exemplaren dieses Fisches, die auf Entoparasiten untersucht wurden, erwiesen sich zwei vollkommen parasitenfrei, während in dem dritten, oben erwähnten, bei Khartum im Weißen Nil gefangenen Tiere sich viele Cestoden der im folgenden beschriebenen Art fanden.

Aus *Clarotes laticeps* liegen mir 59 Scolices von verschiedener Größe und mit Ketten von verschiedener Länge vor nebst scolexlosen Ketten und einigen zusammenhängenden Gruppen reifer Proglottiden.

Aus *Polypterus Endlicheri* stammen 16 Scolices mit zum Teile kurzen, zum Teile mehrere Millimeter langen Ketten sowie 6 scolexlose Stücke, die ich alle konserviert bekam; außerdem fand ich noch im mitgebrachten Spiraldarm dieses Fisches 22 scolexführende und 3 scolexlose Stücke von verschiedener Länge.

Das größte Exemplar ist eine vollständige Kette von 68 *mm* Länge (Fig. 1) aus *Clarotes*; die drei nächstgrößten aus demselben Wirt erreichen 52, 50 und 48 *mm*; das größte Exemplar aus *Polypterus* ist ein scolexloses Stück von 60 *mm* Länge.

Der Scolex der *Ichthyotaenia sulcata* (Fig. 2 bis 6) ist von sehr wechselnder Gestalt, bietet aber immerhin bestimmte Eigentümlichkeiten, und zwar:

Er ist unbewaffnet, entbehrt einer Scheitelvertiefung und weist stets vier, allerdings sehr verschieden stark

Digitized by Google

ausgeprägte Furchen auf, von denen die beiden in der Medianebene verlaufenden immer etwas tiefer sind als diejenigen, welche in der darauf senkrechten seitlichen Ebene verlaufen.

Dadurch wird die Vorderfläche des Scolex in vier gleich große Quadranten geteilt, die mit ihren spitzen Winkeln am Scolexscheitel zusammenstoßen. Der nach hinten gerichtete freie Rand der Quadranten weist oft mehr minder regelmäßige, aber immer sehr seichte Einkerbungen auf, namentlich auf den abgeflachten Seiten; außerdem erleidet der Rand der ganzen Vorderfläche des Scolex vier große Einkerbungen dort, wo die Furchen auf ihn treffen.

Die Furchen, namentlich die stärkeren medianen, setzen sich auch auf die ersten Proglottiden fort.

Jeder der Quadranten enthält eingesenkt einen tiefen Saugnapf von runder Gestalt, der dem Scolexrande näher liegt als dem Scolexscheitel.

Damit sind die allen Exemplaren gemeinsamen Charaktere erschöpft; wie bereits erwähnt, finden sich aber in der Form des Scolex voneinander sehr abweichende Tiere, die man, wären keine Übergänge vorhanden, beinahe als verschiedene Arten auffassen könnte.

Ich will hier die zwei Grenzfälle schildern.

Sämtliche aus *Clarotes laticeps* stammenden Exemplare ähneln einander in hohem Grade (Fig. 2 und 3). Der Querschnitt des Scolex entfernt sich nicht sehr von der kreisrunden Gestalt: er ist wenig abgeplattet.

Die Furchen, die die Vorderfläche des Scolex in die vier Quadranten teilen, sind meist schwach ausgebildet, auch an den größten Exemplaren unter der Lupe nicht immer zu sehen, wohl aber an Preßpräparaten.

Der Abstand des Scolexscheitels von dem durch den Scolexrand gedachten Querschnitt ist gering; in diesem Querschnitte liegen auch die größten Durchmesser des Scolex; dieser selbst gleicht einer sehr stumpfen vierseitigen Pyramide mit abgerundeten Kanten und abgestumpfter Spitze. Infolge der Flachheit der Vorderfläche des Scolex sind die Saugnäpfe stark nach vorn gerichtet.

Digitized by Google

Das andere Extrem (Fig. 4 bis 6) findet sich bei vielen der aus *Polypterus Endlicheri* stammenden Exemplare; doch sind unter den Parasiten aus diesem Wirt auch Übergänge zur eben beschriebenen Form vorhanden.

Diese zweite Form ergibt einen stark elliptischen Querschnitt: der dorso-ventrale Durchmesser des Scolex ist bedeutend kleiner als der darauf senkrechte, der Scolex selbst also stark abgeplattet.

Die Furchen sind oft schon mit freiem Auge, fast immer aber mit einer guten Lupe bis an den Scolexscheitel zu verfolgen; dieser erscheint etwas schärfer abgesetzt gegenüber dem übrigen Scolex dadurch, daß er ziemlich spitz ist, während der hinter ihm gelegene Teil nach vorn zu unter einem stumpferen Winkel konvergiert (Fig. 4, 5, 6); der Scolexscheitel erscheint also hier oft als ziemlich selbständiger Zipfel. Mit der bei dieser Form größeren Länge des Scolex hängt auch die meist längsovale Gestalt der Saugnäpfe zusammen. Die Saugnapföffnungen sind hier auch mehr seitlich gewendet.

Daß es sich in den beiden hier beschriebenen Formen nicht bloß um verschiedene Kontraktionszustände handelt, geht daraus hervor, daß die Cestoden aus dem einen Wirt alle nach dem einen Typus gebaut erscheinen, während die Mehrzahl derer aus dem andern Wirt das letztbeschriebene Gepräge zur Schau tragen.

Namentlich die tieferen Furchen, womit wieder die schärfere Trennung der Quadranten bei den aus *Polypterus* stammenden Exemplaren zusammenhängt, dürften sich kaum aus bloßen Kontraktionsverschiedenheiten ableiten lassen.

Daß aber andrerseits diese Verschiedenheiten intraspezielle sind, wird durch die Übergangsformen — namentlich jüngere Exemplare aus *Polypterus Endlicheri* — genugsam dargetan.

Der Durchmesser des größten Scolex aus *Clarotes laticeps* beträgt 1·72 *mm*, der eines seiner Saugnäpfe 0·25 *mm*, der Durchmesser des kleinsten Scolex aus demselben Wirt bloß 0·75 *mm*.

Bei einigen Scolices aus *Polypterus Endlicheri* verhalten sich die Maße, wie folgt:

Digitized by Google

Scolexdurchmesser in Millimetern	
dorsoventraler	lateraler
0·67	0·77
0·92	1·75
1·28	1·75
—	0·46

Ein ungegliederter Hals ist nicht vorhanden; an unter der Lupe betrachteten Exemplaren scheint er allerdings oft vorhanden zu sein; in diesem Falle läßt sich nämlich die erste Andeutung einer Gliederung erst in einiger Entfernung hinter dem Scolex erkennen — so z. B. bei der längsten der vorhandenen Ketten (Fig. 1) 1·7 *mm* hinter dem Scolex zunächst durch zarte seitliche Einkerbungen in Abständen von etwa 36 μ; allein an allen gefärbten und gepreßten Exemplaren zeigt sich der Mangel eines gegliederten Halses deutlich, indem sich unmittelbar hinter dem Scolex helle Zonen, die Grenzen der jüngsten Glieder, zeigen, die nach hinten weiter auseinander rücken und immer distinkter werden, bis dann die Gliederung der Kette auch durch seitliche Einkerbungen zum Ausdrucke kommt.

Die jüngsten Proglottiden sind in dorsoventraler Richtung bedeutend weniger dick als der Scolex; in der darauf senkrechten Richtung jedoch, also in ihrer Breitenausdehnung, stehen sie dem gleichgerichteten Scolexdurchmesser in der Regel nur wenig nach.

Die Breite der Proglottiden nimmt nach hinten mäßig und langsam zu, gegen das Ende der längeren Ketten wieder etwas ab, so daß hier die längsten und größten Glieder nicht auch zugleich die breitesten sind. Die Länge der Proglottiden nimmt hingegen rasch zu. Die Glieder nähern sich also der quadratischen Form, durchlaufen dieselbe und weisen am Ende der längeren Ketten die Form eines Parallelogrammes auf. Die Endproglottis ist hinten abgerundet.

Manche Ketten weisen wiederum ein von dem eben geschilderten abweichendes Verhalten auf, indem bereits die jüngeren Glieder viel gestreckter, also länger und dabei schmäler

Digitized by Google

sind als die der normalen Ketten. In diesem Falle stehen auch die Dimensionen des Querschnittes der jüngeren, aber meist auch der älteren Proglottiden den entsprechenden des Scolex bedeutend nach.

Ein derartiger Dimorphismus scheint etwas ganz Gewöhnliches zu sein, da Ähnliches auch von vielen andern Cestoden bekannt geworden ist und z. B. auch von Fritsch von Ketten der verwandten *Ichthyotaenia malopteruri* Fritsch (6) beschrieben wird.

Bei den aus *Clarotes* stammenden Exemplaren beträgt das Maximum der Gliederbreite 1·5 *mm*, das der Gliederlänge 2 *mm*, bei den aus *Polypterus* stammenden 1·9, respektive 1·54 *mm*.

Dies sind jedoch Ausnahmen. In der Regel weisen auch die Proglottiden, deren Uteri bereits vollkommen mit Eiern erfüllt sind, weit geringere Maße auf. Die Dicke eines solchen durch den Uterus aufgewölbten Gliedes kann mehr als die Hälfte seiner Breite betragen, bis über 0·75 *mm*.

Die Geschlechtsreife tritt sehr früh ein; schon an sehr jungen Gliedern läßt sich in gefärbtem Zustande die Anlage der Genitalorgane erkennen, oft schon an solchen, die bloß um die doppelte Scolexlänge vom Scolexscheitel entfernt sind; schon Proglottiden von noch nicht quadratischer Gestalt können geschlechtsreif sein, ja mitunter sind sie vollkommen reif, d. h. ihre Uteri sind völlig entwickelt und mit Eiern erfüllt.

Die marginalen Genitalatrien alternieren unregelmäßig; ein bis zehn und mehr der aufeinanderfolgenden Glieder können ihre Genitalsinus nach derselben Seite wenden; in der Regel tun dies jedoch bloß eins bis fünf.

Das Atrium genitale liegt hier wie übrigens auch bei manchen andern *Ichthyotaenia*-Arten nicht in der Mitte des Seitenrandes der Proglottis, sondern ungefähr am Ende des vordersten Drittels desselben. Geringe Abweichungen von diesem Verhalten finden sich allerdings, aber verhältnismäßig selten.

Im Gegensatze zur Mehrzahl der übrigen *Ichthyotaenia*-Arten mündet bei *Ichthyotaenia sulcata* die Vagina an sämtlichen untersuchten Gliedern hinter, wohl aber wie bei jenen neben dem Cirrus aus (Fig. 7, 8).

Digitized by Google

Der Cirrusbeutel, der den Cirrus als Schlingenkonvolut enthält, weist eine bald gedrungen, bald gestreckt birnförmige Gestalt auf und liegt senkrecht zum Seitenrande der Proglottis, und zwar so, daß das stumpfe Ende nach innen gekehrt ist. Er kann bis über ein Viertel der Proglottidenbreite erreichen.

Der Cirrus, der mitunter in beinahe Proglottidenlänge ausgestülpt und dann natürlich schlank, an der Basis aber erheblich dicker als an der Spitze ist, weist keinerlei Stacheln oder Härchen auf.

Die in der Flächenansicht meist etwas elliptisch erscheinenden Hodenbläschen liegen ziemlich dicht und zeigen die Neigung zur Längsstreckung quer zur Proglottidenachse. Ihre Zahl ist groß; sie beträgt gegen 200. Das Hodenfeld wird vom ganzen innerhalb des Dotterstockes gelegenen Raume gebildet, insofern dieser nicht von andern Genitalorganen eingenommen wird; vorn wird es von der Proglottidengrenze, seitlich vom Dotterstock und hinten etwa vom Ovarium begrenzt. Eine Teilung in eine rechte und linke Hälfte, hervorgerufen durch ein schmales, medianes, hodenfreies Gebiet, das von dem sich entwickelnden Uterus eingenommen wird, findet sich erst in späterer Zeit (Fig. 7); ursprünglich liegen die Hodenbläschen auch im medianen Teile der Proglottis vom Knie der Vagina und dem Innenende des Cirrusbeutels bis an die Vordergrenze der Proglottis.

Durch die Weiterentwicklung des Uterus werden die dann schon sterilen Hodenbläschen immer mehr zur Seite gedrängt, so daß sie nunmehr zwei strenger geschiedene Gebiete einnehmen, von denen das der Atrialseite, wie übrigens auch schon früher, abermals in eine vordere und eine hintere etwa doppelt so große Hälfte durch den Cirrusbeutel und den äußeren Teil der Vagina geteilt erscheint.

Die Vagina, die in dem unmittelbar auf ihre Mündung folgenden Stücke das größte Lumen aufweist, erreicht die Mitte der Proglottidenbreite in geradem oder mehr minder geschlängeltem Laufe von ihrer Mündung her und wendet sich dann rechtwinklig nach hinten, im weiteren Verlaufe die Medianlinie innehaltend. In Proglottiden mit entwickeltem Uterus wird sie

Digitized by Google

durch diesen von der Medianlinie etwas abgedrängt, und zwar — so scheint es — stets nach der Seite ihrer Mündung.

Der Keimstock liegt im hintersten Teile der Proglottis und besteht aus zwei durch ein Mittelstück verbundenen Flügeln, die in der Flächenansicht mehr minder rechteckig erscheinen. Nach den Seiten reichen sie bis in die Nähe des Dotterstockes oder sie werden von diesem begrenzt. Etwas abweichende Verhältnisse bietet die Endproglottis dar, deren Hinterende nicht gerade, sondern abgerundet ist; infolgedessen konvergieren die beiden hier auch etwas gestreckteren Flügel nach hinten (Fig. 7).

Die Ovarialschläuche liegen größtenteils quer zur Proglottidenachse.

Die beiden Dotterstockhälften erstrecken sich von der Vordergrenze bis zur Hintergrenze der Proglottis, und zwar so weit, daß die Dotterstöcke der aufeinanderfolgenden Glieder nur durch einen kleinen Zwischenraum getrennt erscheinen. Während sonst die beiden Dotterstockhälften parallel verlaufen, also vorn in der Proglottis denselben Abstand voneinander haben wie hinten, nähern sie sich am abgerundeten Hinterende der Endproglottis; sie verlaufen eben immer parallel zum Proglottidenrand (Fig. 7).

Die Dotterstockhälfte der Atrialseite wird durch den Cirrusbeutel und den Außenteil der Vagina in einen vorderen kleineren und einen hinteren etwa doppelt so langen Teil in der Regel völlig getrennt; mitunter werden aber diese beiden Teile durch einzelne kleine Follikel, die dorsal und ventral von den Außenteilen der geschlechtlichen Ausführungsgänge gelegen sind, verbunden.

Die Breite einer Dotterstockhälfte ist hinten bald ebenso groß wie vorn, bald wieder etwas größer. Der Dotterstock besteht aus Follikeln von (in der Flächenansicht) meist länglicher Gestalt, deren größere Ausdehnung in der Regel quer zur Längsachse der Proglottis liegt; in dieser Querrichtung liegt oft auch nur ein einziger Follikel.

Die Uterusanlage bildet zunächst einen die Medianlinie einhaltenden, bis an die Vordergrenze der Proglottis reichenden Schlauch, der eine größere Anzahl von seitlichen, zur Proglottidenachse querstehenden Falten zur Entwicklung bringt

Digitized by Google

und sich schließlich, von hinten beginnend, verbreitert. Durch das Anschwellen des Uterus werden die angrenzenden, um diese Zeit wohl meist schon sterilen Geschlechtsdrüsen nach den Seiten, respektive nach hinten zusammengedrängt.

Der vollkommen reife Uterus besitzt, von den einspringenden Falten abgesehen, die Gestalt eines an beiden Polen stumpf abgerundeten Tönnchens und nimmt den größten Teil der Proglottis ein. Die Uteri der aufeinander folgenden Proglottiden sind dann nur mehr durch ganz dünne Gewebsschichten voneinander getrennt (Fig. 9).

Die Eier sind birnförmig, im Querschnitt also kreisrund (Fig. 10). Ihr Durchmesser beträgt bis 16, ihre Länge bis 29 μ.

Cuticula und Subcuticula sind, namentlich an jüngeren Proglottiden, auffallend mächtig entwickelt.

Ichthyotaenia pentastomum nov. spec. (Fig. 11 bis 13).

Diese Art stammt aus *Polypterus bichir* Geoffr., und zwar aus dem einzigen Exemplar dieses Fisches, das einer diesbezüglichen Untersuchung unterzogen wurde, einem Tiere von 70 *cm* Länge. Es wurde am 16. Februar 1905 bei Khor Attar (einem Schilluknegerdorf am rechten Ufer des Weißen Nils zwischen der Einmündung des Sobat und des Bahr el Zeraf) im Weißen Nil gefangen.

Es liegt mir zwar nur ein einziges Exemplar dieser Ichthyotänie vor, allein dieses ist so charakteristisch, daß es kaum mit einer der bisher bekannten Arten verwechselt werden kann. Dieses Exemplar ist eine vollständige Kette von 28 *mm* Länge (Fig. 13).

Der Scolex (Fig. 11, 12*a*) ist im Querschnitt etwas oval; in der Breite übertrifft er die ersten Proglottiden etwas, in der Dicke um das Doppelte. Er entbehrt einer Häkchenbewaffnung, besitzt aber fünf Saugnäpfe: vier gleichwertige und einen kleineren apikalen. Die ersteren, die an diesem einen Exemplar eine verschiedene Größe und Gestalt (oval oder rundlich) ihrer Öffnungen aufweisen, sind auf die vier Quadranten verteilt. Die Quadranten treten dadurch etwas ballonförmig hervor, daß sich zwischen ihnen in der Längsrichtung verlaufende Hohlrinnen befinden, von denen namentlich die medianen

Digitized by Google

ausgeprägt erscheinen. Sie setzen sich auf den vordersten Teil der Kette fest.

Die apikale Vertiefung ist ein echter Saugnapf, wie sich am gefärbten Tiere vollkommen deutlich zeigt; sein Durchmesser beträgt aber etwa bloß ein Fünftel des Durchmessers der andern Saugnäpfe.

Ein ungegliederter Hals fehlt: 60 μ hinter dem Hinterrande der Saugnäpfe läßt sich bereits die erste Gliederung unter dem Mikroskop wahrnehmen.

Die ersten Proglottiden sind etwas schmäler als der Scolex (Fig. 12*a*), nach hinten nimmt die Breite der Glieder zu; die größte Breite erreicht die Kette in ihrer Mitte (Fig. 12*b*), von wo sie nach hinten wieder allmählich schmäler wird, gegen das Ende zu rascher (Fig. 12*c*). Die Endproglottis allein ist länger als breit; sie ist auch länger und schmäler als irgend eine der vorhergehenden Proglottiden. Die einzelnen Proglottiden mit Ausnahme der letzten sind am Vorderende am schmälsten, am Hinterende am breitesten, so daß die Kettenseiten gesägt erscheinen und jeder dieser Zähne einer Proglottis entspricht.

Maße:

Gesamtlänge der Kette ..... 28·000 *mm*
Lateraler Scolexdurchmesser ..... 0·975 »
Dorsoventraler Scolexdurchmesser .... 0·830 »

Proglottiden unmittelbar hinter dem Scolex:

dick ..... 0·460 *mm*
breit ..... 0·870 »
lang ..... 0·040 »

Proglottis in der Mitte der Kette (größte Breite):

breit ..... 1·190 *mm*
lang ..... 0·150 »

Sechstletzte Proglottis:

breit ..... 0·590 *mm*
lang ..... 0·210 »

Digitized by Google

Vorletzte Proglottis:

breit ..... 0·410 *mm*
lang ..... 0·310 »

Letzte Proglottis:

breit ..... 0·330 *mm*
lang ..... 0·510 »

Der größte Durchmesser eines der großen Saugnäpfe beträgt etwa 0·5 *mm*, der Durchmesser des apikalen Saugnapfes 85 bis 100 μ.

7 *mm* hinter dem Scolexscheitel lassen sich in der Mitte der Proglottiden die ersten Spuren der Genitalorgane in Gestalt dunklerer Partien erkennen. 2·5 *mm* weiter kann man bereits die Hodenbläschen unterscheiden, die hier allerdings noch sehr klein und undeutlich sind, aber rasch an Größe und Deutlichkeit zunehmen. 10 *mm* hinter dem Scolexscheitel sind die Hodenbläschen bereits vollkommen distinkt. Seltener von rundlicher Gestalt, meist (in der Flächenansicht) elliptisch erscheinend, liegen sie in diesem letzteren Falle dann so, daß ihre längere Achse quer zur Kettenachse steht.

Ihre Zahl schwankt zwischen 70 und 100. Innerhalb des Hodenfeldes, das vorn durch die Proglottidengrenze, seitlich durch die Dotterstöcke und hinten durch den Keimstock begrenzt wird, liegen die Hodenbläschen unregelmäßig zerstreut, reichlicher zwar in den seitlichen Teilen, aber auch in den medianen Partien, hier hauptsächlich vorn.

Die Cuticula, Subcuticularschicht sowie die längs verlaufende, nach außen hin die Dotterstöcke begrenzende Muskulatur sind außerordentlich stark entwickelt, stärker noch als bei *Ichthyotaenia sulcata*.

Auch hier alternieren die Genitalatrien unregelmäßig; sie liegen aber ungefähr in der Mitte des Seitenrandes der Proglottis, bloß in der letzten Proglottis etwas weiter vorn. Ein Zug, der dieser Art mit *Ichthyotaenia sulcata* sowie mit der ebenfalls aus dem Nilgebiete stammenden *Ichthyotaenia malopteruri* Fritsch (6) gemeinsam ist, ist die Lage der Vaginalmündung hinter der des Cirrus, während bekanntlich bei der

Digitized by Google

Mehrzahl der Ichthyotänien die umgekehrte Lagerung vorkommt.

Die Vagina besitzt bei *Ichthyotaenia pentastomum* knapp vor ihrer Mündung eine bedeutende Erweiterung, deren Durchmesser dem des Cirrusbeutels in seinem breitesten Teil ungefähr gleichkommt. Vor und hinter dieser Erweiterung, aber besonders nach innen zu, ist die Vagina viel enger. Bei der großen Mehrzahl der mir vorliegenden Proglottiden ist dieser erweiterte Abschnitt der Vagina bogenförmig gekrümmt, und zwar in der Weise, daß er nach vorn konkav, nach hinten konvex ist.

Die längsverlaufenden, das Hodenfeld an seinen Außenseiten begrenzenden Dotterstockhälften entwickeln sich erst ziemlich spät und sind auch dann ziemlich schwach.

Der Keimstock, an der Hintergrenze der Proglottiden gelegen, besteht aus zwei Flügeln, deren longitudinale Ausdehnung mit der Länge der Proglottiden zunimmt, aber nur in der Endproglottis der vorliegenden Kette der lateralen Ausbreitung ungefähr gleichkommt. Die Ovarialschläuche liegen meist quer zur Proglottidenhauptachse.

Duthiersia fimbriata (Diesing) (mit Fig. 14 und 15).

Synonyma:

1849 ***Bothridium du varan du Nil*** Valenciennes (27).
1851 ***Solenophori (»Bothridii«)*** sp.? Creplin (3).
1854 und 1863 ***Solenophorus fimbriatus*** Diesing (4, 5).
1873 ***Duthiersia expansa*** Perrier (19).
Duthiersia elegans Perrier (19).
1886 ***Duthiersia expansa*** Perrier (20).
1891 ***Duthiersia fimbriata*** Diesing (14).
1899 » » » (11).
1900 » » » (12).
1901 » » » (10).

Diese Art wurde in einem am 16. März 1905 vier Stunden südlich von Gondokoro in einem Sumpf erbeuteten *Varanus niloticus* L. gefunden.

Im Magen dieses ungefähr 130 *cm* langen Tieres, des einzigen seiner Art, das auf Entoparasiten untersucht wurde, fanden sich Nematoden, im Enddarm vier Ketten mit Scolices

Digitized by Google

und außerdem fünf kürzere scolexlose Stücke von *Duthiersia fimbriata*.

Die Maße der scolexführenden Ketten betragen in Millimetern:

	Kette			
	I	II	III	IV
Gesamtlänge (inklusive Scolex) ...	32	63	67	82
Größte Breite der Kette	1·03	1·95	1·18	0·87
Breite unmittelbar hinter dem Scolex	0·41	0·3	0·46	0·51
Scolexbreite	3·6	Scolex	2·56	3·08
Scolexlänge (bis zur Basis der Saugnäpfe)	2·25	zerschlissen	2·3	2·7

Auch von den Proglottiden der fünf übrigen Stücke ist keine breiter als 2 *mm*; die größte Proglottidenlänge beträgt nicht ganz ebenso viel, kommt aber nur bei solchen Gliedern vor, die jene Breite nicht erreichen. Die jüngeren Proglottiden sind eben bedeutend breiter als lang, die älteren bedeutend länger als breit, wie auch schon E. Perrier (19) angibt.

Perrier gibt von seinen aus *Varanus niloticus* stammenden Duthiersien auch an (p. 362), »que la surface des bothrydies est traversée dans cette espèce par des lignes transversales, plus transparentes, quelquefois bifurquées, un peu sinueuses et qui paraissent n'avoir d'ailleurs aucun rapport avec l'appareil vasculaire« und gibt davon auch (Taf. XVI, Fig. 6) eine deutliche Abbildung. Da an den mir vorliegenden Exemplaren aus dem gleichen Wirt und von annähernd denselben Größenverhältnissen derartige Transversallinien nirgends zu sehen sind, so dürfte es sich bei den Exemplaren, die Perrier vorlagen, wie bei den hinteren Saugnapföffnungen um künstliche Bildungen handeln oder aber um einen bestimmten Kontraktionszustand.

Die ersten Anzeichen der Entwicklung von Genitalorganen überhaupt finden sich in Proglottiden, die 2·5 *mm* hinter dem Ende der Saugnäpfe gelegen sind, in Form dunkler sich färbender, zentraler Gewebspartien, während die Hodenbläschen erst viel später auftreten.

Digitized by Google

Daß auch bei *Duthiersia* wie bei vielen andern Cestoden Größe und Gestalt der Glieder relativ sehr verschieden sein können, geht deutlich daraus hervor, daß Proglottiden von 770 μ Länge und 510 μ Breite auf dem gleichen Reifezustande stehen wie solche von 460 μ Länge und 1490 μ Breite oder solche von 510 μ Länge und 1630 μ Breite. In diesen allen finden sich nur die zentralen Genitalanlagen in Gestalt eines die Medianlinie einhaltenden kurzen, gewundenen, an seinem vorderen und hinteren Ende knotig verdickten Gewebszuges sowie die bereits deutlichen Hodenbläschen, deren Zahl bei den mir vorliegenden Exemplaren zwischen 110 und 150 schwankt. Lühe gibt (12) ihre Zahl auf 300 bis 400 an und sagt auch, daß sie sich fast ausschließlich in den beiden Seitenfeldern der Proglottis zusammendrängen und daß nur ganz am Vorderende der Proglottis zirka drei bis vier Hodenbläschen auch noch in dem Mittelfelde, die beiden Seitenfelder miteinander verbindend, liegen.

In den mir vorliegenden Proglottiden, besonders in den jüngeren, in denen die Verhältnisse klarer sind, ist die Zahl der Hodenbläschen, die sich in dem vorderen Teile des Mittelfeldes finden, größer als Lühe angibt; außerdem finden sich in manchen Gliedern auch in dem hinteren Teile des Mittelfeldes ein oder zwei Hodenbläschen.

Die Protandrie ist hier deutlich ausgesprochen. Die zahlreichen Dotterfollikel treten erheblich später auf als die Hodenbläschen.

Glieder von 1600 μ Länge und etwa 1000 μ Breite, bei denen die Glockenform und das Ineinanderstecken viel deutlicher ist als bei den kürzeren und breiteren, sind bereits vollkommen reif: im Uterus finden sich Eier nahe seiner Öffnung. Man kann also mit Sicherheit annehmen, daß diese ihr Wachstum zum mindesten annähernd vollendet haben.

Der Bau der Proglottiden von *Duthiersia fimbriata* ist von Monticelli und Crety sowie besonders von Lühe bereits ziemlich genau geschildert worden.

Dazu sei noch bemerkt:

Das Atrium genitale liegt in der Medianlinie, und zwar ungefähr am Ende des vordersten Drittels der Proglottis oder

Digitized by Google

etwas weiter nach hinten, die spaltenförmige, mediane Mündung des Uterus etwa in der Mitte der Proglottis oder etwas weiter vorn.

Das dem Hinterende der Proglottis mehr minder genäherte Ovarium weist etwa die Gestalt eines H auf; seine Flügel sind bedeutend länger als breit (Fig. 15).

An den Eiern konnte ich eine Deckelung nicht wahrnehmen, wie sie Monticelli und Crety zeichnen (14, Fig. 24). Dagegen sind manche in der Längsrichtung in zwei etwa schalenförmige Hälften geteilt; dies ist wohl künstlich zu stande gekommen.

Als größten Durchmesser der ovoiden Eier fand ich 63 μ, als Querdurchmesser 37 μ. Monticelli und Crety geben für die von ihnen untersuchten Eier von Duthiersien aus *Varanus salvator* Laur. 60, respektive 24 μ an.

Perrier unterschied zwei Arten von *Duthiersia*: eine größere, derbere, die *Duthiersia expansa* aus *Varanus salvator* Laur. (Varan à deux bandes = *Varanus bivittatus* Kuhl) von den Molukken, und eine schlanke, zierlichere, die *Duthiersia elegans* aus *Varanus niloticus* L. vom Senegal.

Er gründete die artliche Scheidung dieser beiden Formen hauptsächlich auf die Größenunterschiede sowie auf die verschiedene Lage der — wie schon von Lühe dargetan wurde, künstlich zu stande gekommenen — hinteren Öffnungen der dütenförmigen Saugnäpfe.

Die von Perrier angegebenen Maße sind:

	Duthiersia elegans	*Duthiersia expansa*
Größte Kettenlänge	22 *cm*	28 *cm*
Größte Kettenbreite	2 *mm*	6 *mm*
Größte Proglottidenlänge ..	3 *mm*	4 *mm*
Größte Scolexbreite	4 *mm*	8 *mm*
Größte Scolexlänge .....?	über 1·5 *mm*	5 *mm*

Außerdem gibt Perrier noch an, daß die Proglottiden der aus *Varanus niloticus* stammenden Form im Gegensatze zu den undurchsichtigen, aus *Varanus salvator* stammenden sehr

Digitized by Google

durchsichtig seien und gestatten »très-facile d'observer par transparence tous les détails de leur structure«. Auch die mir vorliegenden Proglottiden zeichnen sich durch auffallende Durchsichtigkeit aus.

Monticelli und Crety (14), denen zwar nur die *expansa*-Form Perrier's vorlag, zogen beide Arten, wohl mit Recht, in eine zusammen. Es scheint aber, daß wir es mit zwei, durch ihre Größe ausgezeichneten Varietäten zu tun haben, mit einer afrikanischen und einer südostasiatischen, für welche die Namen *elegans* und *expansa* in Anbetracht des Verhältnisses der Länge zur Breite passend erscheinen.

Lühe (12) gibt als Maximalmaße der ihm vorliegenden Proglottiden, die aus *Varanus* spec. von Langenburg (in Deutsch-Ostafrika) am Nyassasee stammen, folgende an: Scolexbreite 3·8 *mm*, Scolexlänge 3 *mm*, Proglottidenbreite 2 *mm*, Proglottidenlänge 0·6 *mm*.

Diese Maße stimmen ebenso wie die oben von mir angegebenen mit den von Perrier für seine *Duthiersia elegans* angegebenen überein oder sie bleiben hinter ihnen zurück.

Wenn Monticelli und Crety anführen, daß es *Duthiersia*-Exemplare aus *Varanus salvator* von den geringen Maßen gibt, die von Perrier für seine *Duthiersia elegans* angegeben werden, so kann dies natürlich nicht befremden. Als sehr fraglich muß es aber angesehen werden, ob die afrikanischen Duthiersien jemals eine solche Größe erlangen wie die in *Varanus salvator* lebenden. Es sei hier daran erinnert, daß Glieder von 1·6 *mm* Länge und 1 *mm* Breite sich als vollkommen reif erwiesen.

Die beiden *Duthiersia*-Formen finden sich auch in zwei geographisch scharf getrennten Wirten. *Varanus niloticus* ist auf Afrika beschränkt, *Varanus salvator* erreicht seine Westgrenze etwa auf Ceylon. Beide sind wasserliebende Arten. Das ganze weite, zwischen ihnen liegende Gebiet wird nur von auf trockenen Plätzen lebenden Formen ihrer Gattung bewohnt, von *Varanus griseus* Daud., *flavescens* Gray und *bengalensis* Daud. Unter allen Varanen ist aber speziell *Varanus griseus* derjenige, der der Untersuchung am bei weitem leichtesten zugänglich ist; aus ihm ist aber ebensowenig wie aus einer

Digitized by Google

andern der zuletzt genannten *Varanus*-Arten eine *Duthiersia* bekannt geworden, während andrerseits diese Cestoden in *Varanus niloticus* und in *Varanus salvator* nicht selten zu sein scheinen. Außer diesen beiden finde ich nur noch den afrikanischen *Varanus albigularis* Daud. (bei Linstow, 10) als Wirt von *Duthiersia fimbriata* angegeben.

Diese wahrscheinliche Isolation erklärt auch die Verschiedenheit der beiden aus den verschiedenen Wirten stammenden *Duthiersia*-Formen. Ob die Unterschiede nicht größer sind, als sie oben angegeben wurden, oder ob sie sich wirklich nur auf die Größe beziehen, könnte nur eine genaue Vergleichung derselben lehren. Duthiersien südostasiatischer Herkunft stehen mir leider nicht zur Verfügung.

Daß beide Formen trotz ihrer wahrscheinlichen geographischen Isolierung so weitgehende Übereinstimmung zeigen, mag in der hohen Spezialisation des Genus *Duthiersia* seine Erklärung finden, da ja hoch spezialisierte Typen wenig abändern.

Taenia (Anoplocephala?) gondokorensis nov. spec.

(Fig. 16 bis 21.)

Diese Art stammt aus dem Enddarm eines jungen Weibchens einer *Procavia Slatini* Sassi,[1] das am 17. März 1905 auf einem der Gondokoro Hills, felsigen Hügeln etwas südlich von Gondokoro, erlegt wurde. Obwohl mir nur ein Scolex sowie mehrere durchwegs kurze und unreife Kettenstücke vorliegen, läßt sich diese Art doch von den bisher aus *Hyrax* bekannt gewordenen Cestoden infolge der Eigentümlichkeiten des Scolex sofort unterscheiden.

Der vorliegende Scolex (Fig. 16 bis 19) hat sehr geringe Dimensionen. Bei einer Breite von 0·48 *mm* weist er einen dorsoventralen Durchmesser von 0·41 *mm* auf. Seine vordere Hälfte ist halbkugelförmig. Er ist unbewaffnet und weist eine ansehnliche apikale Vertiefung auf, bezüglich deren ich aber leider nicht in der Lage bin, zu sagen, ob sie einen echten

[1] Die Beschreibung dieser neuen Art, deren Name mir vom Autor, dem Reisebegleiter Dr. Werner's, der sie auch erlegte, freundlichst mitgeteilt wurde, wird demnächst erscheinen.

Digitized by Google

Saugnapf darstellt; unter der Lupe ließ sich dies überhaupt nicht erkennen, unter dem Mikroskop aber infolge des Umstandes nicht, daß das Präparat ziemlich genau dorsoventral gepreßt worden war. Es läßt sich daran nur die Schließungslinie der Öffnung erkennen. Vom Schneiden aber mußte abgesehen werden, da nur ein einziges Exemplar vorlag.

In Bezug auf seine vier übrigen Saugnäpfe weist der Scolex ein eigentümliches Verhalten auf, das an die Verhältnisse gemahnt, welche auf der von Riggenbach gegebenen Abbildung des Scolex seiner *Ichthyotaenia abscisa* (21, Fig. 15) zu sehen sind, bei der vorliegenden Art aber in weit verstärktem Maße auftreten. Die hier kreisrunden Saugnäpfe, deren größter Durchmesser nicht ganz 0·2 *mm* erreicht, liegen nämlich, nach vorn konvergierend, durchwegs am hinteren, inneren Grunde von Taschen, die sich mit eigenen längsovalen, nach vorn ebenfalls konvergierenden Öffnungen nach außen öffnen und bei der Betrachtung unter der Lupe infolge des durch die darunterliegende Höhlung verursachten Schattens leicht selbst für die Saugnäpfe gehalten werden können. Die erhöhte Umgebung (Fig. 16, 17) einer dieser Öffnungen stoßt mit denjenigen der benachbarten Öffnungen zusammen und bildet andrerseits einen etwas nach hinten sich fortsetzenden erhöhten Wulst; solcher Wülste gibt es vier. Jeder derselben liegt in der Fortsetzung der Längsachse einer Taschenöffnung. Der durch das Hervortreten zweier benachbarter Wulste nach hinten eingeschlossene Raum verengt sich nach vorn und endet spitz in der Höhe der hinteren Ränder der Taschenöffnungen (Fig. 17).

Diese ganzen Taschenbildungen sowie die Lage der Saugnäpfe am Grunde derselben lediglich auf einen Kontraktionszustand zurückzuführen — wie dies Riggenbach bei den analogen, aber lange nicht so ausgeprägten Erscheinungen seiner *Ichthyotaenia abscisa* tut — geht hier wohl nicht an; dazu sind diese Bildungen zu ausgeprägt. Die Funktion der Saugnäpfe ist ja dadurch noch nicht in Frage gestellt.

Ein ungegliederter Hals scheint nicht vorhanden zu sein.

An dem scolexführenden Stücke, das im ganzen eine Länge von 1·54 *mm* aufweist, folgt auf den Scolex, der eine

Digitized by Google

Breite von 0·48 *mm* besitzt, eine Verschmälerung von etwa 0·41 *mm* Breite. Von hier nimmt dann die Breite nach hinten rasch zu, so daß die letzten Proglottiden dieses Stückes bereits eine Breite von 0·75 *mm* besitzen.

Von den übrigen vier sämtlich scolexlosen Stücken sind zwei sehr kurz, zwei etwas länger, 15, respektive 18 *mm* lang. Die Proglottidengrenzen sind hier überall deutlich, die einzelnen Proglottiden hinten breiter als vorn, der Kettenrand daher gesägt (Fig. 21).

Die größte Proglottidenbreite beträgt 1·38 *mm*, die größte Proglottidenlänge 0·4 *mm*.

Die Proglottiden sind durchwegs breiter als lang und dies meist in sehr ausgeprägter Weise; am wenigsten tritt dieses Verhältnis noch bei der letzten Proglottis eines der beiden kürzeren scolexlosen Stücke hervor; diese, die längste aller vorliegenden Proglottiden, ist nicht viel breiter als lang.

Wie schon erwähnt, sind alle Proglottiden unreif; in der Mehrzahl von ihnen finden sich jedoch bereits Andeutungen der Genitalorgane, nämlich längliche, stärker sich tingierende und zur Proglottidenachse quergestellte Gewebspartien, die sämtlich immer einer Kettenseite (Fig. 21) näher liegen als der andern. Da sie, von beiden Flächen betrachtet, gleich deutlich erscheinen, kann man mit Sicherheit annehmen, daß sie in der dorsoventralen Mitte gelegen sind. Zweifelsohne werden also die Genitalatrien unimarginal sein. Dies, zusammengehalten mit der überwiegenden Breite der Glieder, der Hakenlosigkeit des Scolex sowie mit der Tatsache, daß mit Ausnahme der bewaffneten *Taenia Paronai* Mon. alle bisher bekannten *Hyrax*-cestoden [*Anoplocephala critica* (Pag.), *A. Raggazzii* Setti, *A. Pagenstecheri* Setti und *A. spatula* Linstow] dem E. Blanchard'schen Genus *Anoplocephala* angehören, macht es vielleicht wahrscheinlich, daß auch die vorliegende Art dieser Gattung angehört, wenn man dies auch in Anbetracht unserer Unkenntnis der Anatomie der geschlechtsreifen Proglottiden nicht als sicher bezeichnen kann.

Digitized by Google

Literaturverzeichnis.[1]

1. Barrois T., Note de voyage d'un naturaliste à la mer morte (Revue biol. du Nord de la France, 3e année, 1890/1891).
2. Braun M., Cestodes in: Bronn's Ordnungen und Klassen des Tierreiches. Leipzig, 1894—1900.
3. Creplin, Nachträge von Creplin zu Gurlt's Verzeichnisse der Tiere, in welchen Entozoen gefunden worden sind. IV. Nachtrag (Archiv für Naturgesch., XVII. Jahrg., 1. Bd.).
4. Diesing K. M., Über eine naturgemäße Verteilung der Cephalocotyleen (Sitzungsber. der math.-naturw. Klasse der k. Akad. der Wissensch. in Wien, XIII. Bd.).
5. Derselbe, Revision der Cephalocotyleen, Abteilung: Paramecocotyleen (ebenda, Bd. 48 I).
6. Fritsch G., Die Parasiten des Zitterwelses (Sitzungsber. der königl. preuß. Akad. der Wissensch. zu Berlin. Erster Halbband, Jahrg. 1886).
7. Gmelin J. F., Systema naturae Linn. XIII. editio. Leipzig, 1788.
8. Linstow O. v., Kompendium der Helminthologie. Ein Verzeichnis der bekannten Helminthen. Hannover, 1878.
9. Derselbe, Nachtrag. Die Literatur der Jahre 1878—1889. Hannover, 1889.
10. Derselbe, Helminthen von den Ufern des Nyassasees. Ein Beitrag zur Helminthenfauna von Südafrika (Jenaisch. Zeitschr. für Naturw., 35. Bd.).
11. Lühe M., Zur Anatomie und Systematik der Bothriocephaliden (Verh. der D. zool. Ges., 1899).
12. Derselbe, Beiträge zur Kenntnis der Bothriocephaliden. III. Die Bothriocephaliden der landbewohnenden Reptilien (Centralbl. für Bakt., Parasitenk. u. Infektionskr., I. Abt., XXVII. Bd., 1900, Nr. 6 bis 8).

[1] Von den Arbeiten über Ichthyotänien werden nur die im Text zitierten hier angeführt.

Digitized by Google

13. Moniez R., Notes sur les helminthes. Sur les ténias du daman (Revue biol. du nord de la France, tome IV, 1891/1892).
14. Monticelli Fr. S. e Crety C., Ricerche intorno alla sotto famiglia Solenophorinae Montic. Crety (Mem. R. Accad. d. sc. di Torino, ser. II, t. XLI, 1891).
15. Nassonow N. V., Endoparasiten des syrischen Klippdachses (Procavia Syriaca Ehbg.) (Arbeit des zool. Labor. der Univ. Warschau, 1896. Warschau, 1897, zitiert nach Setti, 26).
16. Pagenstecher A., Zur Naturgeschichte der Cestoden (Zeitschr. für wiss. Zool., Bd. XXX).
17. Pallas P. S., Spicilegia zoologica, fasc. II, 1767.
18. Parona C., Di alcuni elminti raccolti nel Sudan orientale (Annali del mus. civic. di storia naturale di Genova. Serie 2ª, vol. II [XXII]).
19. Perrier E., Description d'un genre nouveau des cestoides (Archiv d. zool. expérim. et génér., t. IIe, 1873).
20. Poirier J., Appareil excréteur et système nerveux du Duthiersia expansa Perr. et du Solenophorus megacephalus Crept. (Compt. rend. Acad. sc. Paris, t. 102, 1886).
21. Riggenbach J., Das Genus Ichthyotaenia. Inaugural-dissert. Arb. aus dem zool. Inst. der Univ. Basel, 1896. Genève.
22. Rudolphi C. A., Entoz. hist. nat. III, Amstelaedami, 1808—1810.
23. Setti E., Sulle tenie dell'Hyrax dello Scioa (Atti Soc. lig. di Sc. nat. e geogr., vol. II. Genova, 1891).
24. Derselbe, Elminti dell'Eritrea e delle regioni limitrofe (ebenda, vol. IV, Genova, 1893).
25. Derselbe, Nuovi elminti dell'Eritrea (ebenda, vol. VIII. Genova, 1897).
26. Derselbe, Nuove osservazioni sui cestodi parassiti degli iraci (ebenda, vol. IX, Genova, 1898).
27. Valenciennes, Note sur un helminthe rendu par un Varan du Nil (Compt. rend. et Mém. soc. biol. 1e année, 1849, Paris, 1850).
28. Zeder J. G. H., Anleitung zur Naturgeschichte der Eingeweidewürmer. Bamberg, 1803.

Digitized by Google

Tafelerklärung.

Die Figuren 1 bis 6, 11, 13, 16, 17 und 20 wurden unter dem Zeiß'schen Binokular gezeichnet.

Wiederkehrende Bezeichnungen.

C. B. = Cirrusbeutel.
D. = Dotterfollikel.
G. A. = Anlagen von Genitalorganen.
H. = Hodenbläschen.
K. = Keimstock.
M. = Längsmuskulatur.
O. = Eingang in die Höhlen, an deren Grund die Saugnäpfe liegen.
U. = Uterus.
V. = Vagina.
V. d. = Vas deferens.
Z. = Zipfelförmiger Scolexscheitel.

Ichthyotaenia sulcata nov. spec., Fig. 1 bis 10.

Fig. 1. Größtes vorhandenes Exemplar, vollständig, aus *Clarotes laticeps* Rüppel, natürl. Größe.
Fig. 2. Scolex, ebendaher, von oben gesehen. Vergr. zirka 13.
Fig. 3. Scolex, ebendaher, von der Seite gesehen. Vergr. zirka 8.
Fig. 4. Scolex aus *Polypterus Endlicheri* Heckel von der Breitseite. Vergr. zirka 12.
Fig. 5. Scolex ebendaher, von der andern Seite. Vergr. zirka 12.
Fig. 6. Scolex ebendaher, von oben. Vergr. zirka 12.
Fig. 7. Proglottis und Endproglottis; nur in der letzteren sind im Uterus die Eier gezeichnet. Vergr. zirka 30.
C. = Cirrus, D. St. = Dotterstock.
Fig. 8. Atrium genitale samt Umgebung. Vergr. zirka 60.
Fig. 9. Flächenschnitt (etwas schief) durch eine Proglottis mit vollkommen entwickeltem Uterus; die übrigen Genitalien durch diesen sehr zusammengepreßt. Vergr. zirka 30.
Fig. 10. Eier in verschiedener Ansicht. Vergr. zirka 135.

Ichthyotaenia pentastomum nov. spec., Fig. 11 bis 13.

Fig. 11. Scolex von oben. Vergr. zirka 12.
Fig. 12. *a* Scolex von der Seite (der apikale Saugnapf ist in dieser Lage nicht zu sehen).
b Breitester Teil der Kette.
c Letzte Proglottiden der Kette. Vergr. zirka 23.
Fig. 13. Kettenumrisse in nat. Größe.

Digitized by Google

Duthiersia fimbriata (Diesing), Fig. 14, 15.

Fig. 14. Proglottiden mit beginnender Entwicklung der Genitalorgane. Vergr zirka 25.

Fig. 15. Reife Proglottis. Vergr. zirka 25.
A. G. = Atrium genitale, E. Sch. = Eischluckapparat.

Taenia (Anoplocephala?) gondokorensis nov. spec., Fig. 16 bis 21.

Fig. 16. Scolex, etwas von oben gesehen. Vergr. zirka 12.

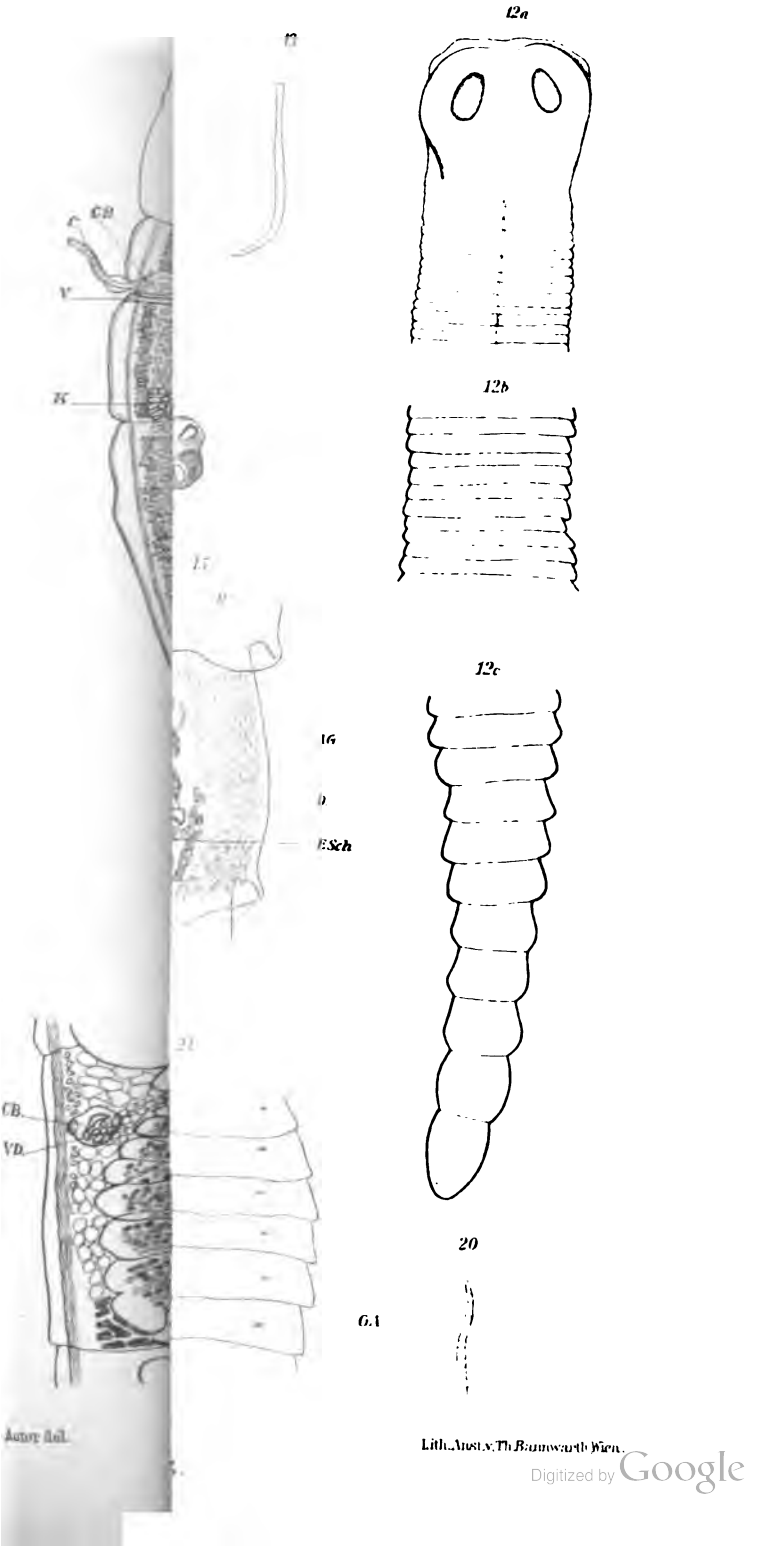
Fig. 17. Derselbe, von der Seite. Vergr. zirka 13.

Fig. 18 und 19. Derselbe, aber gepreßt, von beiden Seiten. Vergr. zirka 28.
Sch. = Schließungslinie der apikalen Vertiefung.
Die Saugnäpfe und Taschenöffnungen der jeweiligen Gegenseite sind punktiert.

Fig. 20. Längstes vorhandenes Kettenstück in natürlicher Größe.

Fig. 21. Kettenstück mit Anlagen von Genitalorganen, die auf unimarginale Genitalatrien deuten. Vergr. zirka 28.

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Über geotaktische Bewegungen des *Bacterium Zopfii*

von

Dr. **Heinrich Zikes.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 3 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 1. Februar 1906.)

In einer früheren Arbeit[1] hatte ich darzulegen versucht, daß das merkwürdige Wachstum von *Bacterium Zopfii* auf Peptongelatine in senkrecht gestellten Strichkulturen der Ausdruck einer geotropischen Reizerscheinung ist, die darin besteht, daß sich von vielen Stellen des lotrecht aufgestellten Striches, durch sehr kleine Zwischenräume getrennt, federähnliche Fasern entwickeln, die stets in einem Winkel von 45° vom Strich aus nach aufwärts ausstrahlen.

Ich hatte damals zur Stützung meiner Ansicht verschiedene Versuche durchgeführt, welche ich der Übersichtlichkeit halber vorerst in Kürze wiederholen will. Dieselben sollten einerseits die Frage lösen, ob die fraglichen Erscheinungen tatsächlich auf Geotropismus zurückzuführen sind, andrerseits aber auch der Frage näher treten, ob an dieser Wuchsform nicht etwa eine außerordentlich große Empfindlichkeit dieses Organismus für Wärmedifferenzen schuld sei, wie M. W. Beijerinck[2] annahm.

Die Versuche nahmen ihren Ausgang mit der Beobachtung von sechs Gelatineröhrchen, welche in der Weise aufgestellt wurden, daß drei von ihnen normal standen, also die Öffnung

[1] Zentralblatt für Bakteriologie, II. Teil, XI. Bd., p. 59.

[2] Zentralblatt für Bakteriologie, XV. Bd., p. 799.

Digitized by Google

oben hatten, die anderen drei sich aber in umgekehrter Lage befanden. In allen sechs Eprouvetten wuchsen die makroskopisch gut sichtbaren Hauptzweige der Kultur in einem ungefähren Winkel von 45° von der Strichlinie nach aufwärts, gleichgültig, ob sich die Öffnung der Eprouvette oben oder unten befand. Bei einer genaueren Besichtigung der verkehrt gestellten Kulturen konnte beobachtet werden, daß die Seitenzweige weniger steil nach aufwärts wuchsen, als bei den normal stehenden. Es wurde damals die Vermutung ausgesprochen, daß der Organismus seine Wachstumsrichtung teilweise zu Gunsten seines Bedürfnisses nach Sauerstoff geändert hatte, eine Annahme, welche jetzt durch genauere Untersuchungen vollauf bestätigt erscheint. Während sich *Bacterium Zopfii* in senkrecht gestellten Kulturen stets durch dieses gleichartige Wachstum auszeichnet, bieten die horizontal liegenden Kulturen ein ganz anderes Bild. Von einer Orientierung der Seitenzweige ist in diesem Falle keine Rede, sie wachsen wirr durcheinander.

Ferner wurden Strichkulturen an ein Rad befestigt, welches in der Vertikalebene so langsam gedreht werden konnte, daß es innerhalb zweier Minuten eine Umdrehung machte. Auch hier erwiesen sich die Seitenzweige der Kultur nach achttägiger Beobachtungszeit nicht orientiert und wuchsen wie bei den horizontal liegenden Eprouvetten wirr durcheinander. Weiters wurden in zwei Petrischälchen Strichkulturen angelegt und dieselben so plaziert, daß in der einen Schale der Strich vertikal, in der anderen horizontal auf der vertikal gestellten Oberfläche der Gelatine zu liegen kam. Vom Vertikalstrich hatten 15 Hauptästchen die Tendenz, nach aufwärts und nur drei nach abwärts zu wachsen. Am Horizontalstrich war die Entwicklung von sieben Hauptzweigen nach aufwärts und nur von einem Hauptansatz nach abwärts gerichtet.

Um auch die von Beijerinck aufgestellte Annahme zu überprüfen, wurden zwei mit Strichkulturen versehene Eprouvetten in die Wandung einer aus dickem Pappendeckel angefertigten Schachtel genau in der Weise eingepaßt, daß der Strich der Kultur in der Medialebene der Pappendeckelmasse zu liegen kam und von dem Strich aus sich der Organismus

Digitized by Google

sowohl nach dem Innern der Schachtel wie nach außen entwickeln konnte.

In der Mitte der Schachtel befand sich ein größeres Gefäß mit Eis, welches die Temperatur im Innern derselben während des ganzen Versuches stets um 5 bis 6° niedriger hielt, als die Temperatur der Außenluft betrug. Das Bakterium entwickelte die Seitenästchen in gleich kräftiger Weise sowohl in das Innere der Schachtel wie auch nach außen und zwar wieder schief aufwärts. Ferner wurde in einer längeren, senkrecht stehenden Eprouvette eine Strichkultur angelegt, die im unteren Teile durch Wasserumspülung ständig um 6° kühler gehalten wurde als im oberen Teile. Es zeigte sich auch bei dieser Versuchsanstellung in der regelmäßigen Anordnung sowie in der Mächtigkeit der Seitenzweige kein Unterschied längs der ganzen Strichkultur.

Nach diesen nur makroskopisch beobachteten Versuchen erschien es mir, daß *Bacterium Zopfii* in seinem Wachstum auf senkrecht gestellten Gelatinekulturen sich negativ geotropisch verhalte.

Ich griff nun, speziell auf Anregung Hofrat Wiesner's, die Untersuchung des *Bacterium Zopfii* neuerdings auf, da aus den beschriebenen Versuchen, die, wie gesagt, nur makroskopisch beobachtet wurden, kein definitives Urteil in der Richtung gefällt werden konnte, ob das Wachstum des Organismus tatsächlich auf Geotropismus basiere oder ob nicht vielleicht hiebei Geotaxis eine Rolle spiele. Der Kern der Frage bestand also darin, zu untersuchen, ob eine Wirkung des Schwerkraftsreizes bei der Orientierung der Kolonien des *Bacterium Zopfii* mit Sicherheit nachzuweisen ist und im Bejahungsfalle, ob die Reizwirkung eine geotropische, wie ich früher vermutete, oder eine geotaktische ist.

Rücksichtlich der Begriffsbestimmung des Geotropismus folge ich der Auffassung Wiesner's,[1] nach welcher der Geotropismus eine durch den Schwerkraftsreiz hervorgerufene Wachstumserscheinung ist, welche sich darin äußert, daß ein geneigtes Organ sich so lange krümmt, bis es in die Richtung

[1] Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 4. Aufl., p. 309.

Digitized by Google

der Lotrechten gekommen ist, entweder nach abwärts (positiver Geotropismus) oder nach aufwärts (negativer Geotropismus). Geotaxis hingegen, welche im Gegensatze zum Geotropismus nur an frei beweglichen Organismen möglich ist, äußert sich darin, daß die letzteren unter dem Einflusse des Schwerkraftreizes sich unabhängig von den durch das spezifische Gewicht gegebenen Verhältnissen nach der Lotrechten durch Aufwärtsbewegung (negative Geotaxis) oder durch Abwärtsbewegung (positive Geotaxis) orientieren.

Nach Pfeffer[1] gibt es keine scharfe Grenze zwischen Geotaxis und Geotropismus. Nach ihm bezeichnet man mit Geotropismus die Reaktion festgewurzelter oder in anderer Weise fixierter pflanzlicher Organismen auf den Reiz der Schwerkraft, während es sich bei Geotaxis um dieselbe Orientierungsreaktion frei beweglicher Pflanzen handelt. Beide unterscheiden sich nur durch die Mechanik der Bewegung, während im übrigen der Reizvorgang der gleiche ist. Der Hauptunterschied in der Auffassung Wiesner's und Pfeffer's liegt darin, daß Wiesner die Bezeichnung Geotropismus speziell auf solche Richtungsänderungen einschränkt, die durch Wachstum hervorgerufen werden.

Bei der neuerlichen Inangriffnahme der Arbeit wurden vorerst die Rotationsversuche genauer und vielseitiger wiederholt. Es wurden zu diesem Zwecke zwei Eprouvetten auf einer Zentrifugenscheibe in der Weise befestigt, daß ihre Längsachse im Radius der Scheibe lag, demnach auch der Strich der Peptongelatinekultur eine axiale Lage hatte. Die Zentrifugenscheibe, welche in horizontaler Lage rotierte, machte ein bis zwei Umdrehungen in der Sekunde. Es zeigte sich, daß die Seitenzweige der Kultur während der Drehung nach dem Zentrum der Scheibe gewachsen waren. Auch in einer dritten Eprouvette, welche in einer Entfernung von 1 *dm* von der Achse tangential befestigt wurde, wuchsen die Seitenzweige der Kultur gegen das Zentrum der Scheibe. Wurde die Scheibe vertikal gestellt und in gleich schneller Weise, wie angegeben, gedreht, so ergaben sich bei ähnlicher Anordnung

[1] Pflanzenphysiologie, II. Teil, p. 247.

Digitized by Google

der Eprouvetten auf der Scheibe die gleichen Wachstumsbilder; die Seitenzweige wuchsen vom Strich aus stets sehr kräftig gegen das Zentrum der Scheibe, während auf der anderen Seite des Striches, die also nach außen lag, nur eine sehr schwache Bakterienanhäufung bemerkbar war. Bei den Versuchen, welche mittels Klinostat zur Ausführung gelangten, wurden die Eprouvetten wieder teils axial, teils tangential befestigt und die Scheibe in der Vertikalebene so langsam gedreht, daß jeder Punkt derselben innerhalb 40 Minuten einen Kreis beschrieb. Diese Versuche ließen die fraglichen Seitenzweige wirr durcheinander wachsen; eine regelmäßige Anordnung der Bakterien zu gleich gerichteten Fäden war in keiner Weise zu erkennen.

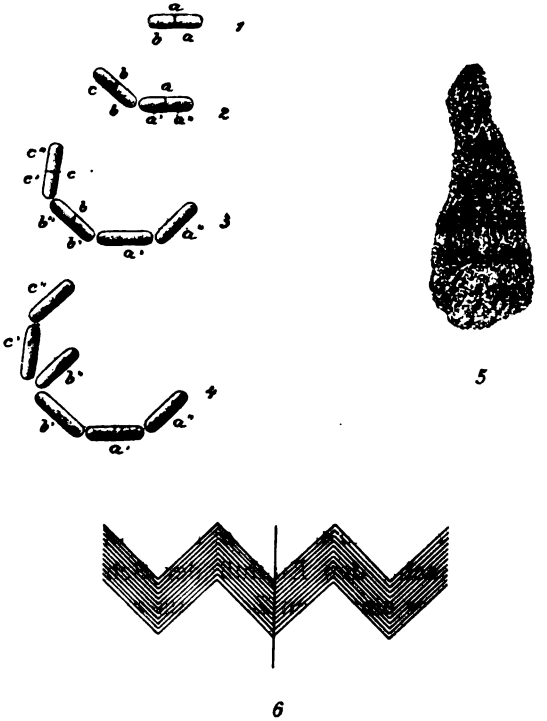
Faßt man die gesamten Ergebnisse dieser Rotationsversuche zusammen, so erhellt aus ihnen, daß die Kulturen des *Bacterium Zopfii* entschieden durch Schwerkraftwirkung beeinflußt werden.

Nun mußte weiter die Frage entschieden werden, ob die Gestalt oder die Form der Kulturen durch geotropische, wie bisher angenommen, oder durch geotaktische Reizwirkung zu stande kommt. Zur Aufklärung dieser Fragen wurde der schwierige Versuch gemacht, den Einfluß der Schwerkraft auf den Organismus von der einzelnen Zelle aus zu studieren. Es lag also die Aufgabe vor, zu konstatieren, ob die einzelne Bakterienzelle während der Entwicklung sich geotropisch durch ungleichmäßiges Wachstum nach aufwärts krümme oder ob das Individuum, ohne gestaltlich verändert zu werden, seine Lage im Raum ändere, also sich im geotaktischen Sinne orientiere.

Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang dies in folgender Weise: Es wurde auf die Mitte größerer Deckgläschen Peptongelatine in sehr dünner Schichte aufgestrichen und nach deren Festwerden kleine Tröpfchen aus einer ganz jungen Peptonwasserkultur des *Bacterium Zopfii* mittels engerer Kapillaren auf dieselbe aufgetragen. Diese Peptonwasserkultur enthielt das Bakterium in so geringer Menge, daß zirka ein bis zwei Individuen in einem der genannten Tröpfchen enthalten waren. Die so adjustierten Deckgläschen wurden auf eine sterile Böttcher'sche Kammer gesetzt, welche eine sehr

Digitized by Google

geringe Menge Wasser enthielt, um das Eintrocknen der dünnen Gelatineschichte hintanzuhalten. Hierauf wurde die Böttcher'sche Kammer auf dem Tische eines Mikroskopes



Figurenerklärung.

1. Nach $1^1/_2$ Stunden von Beginn der Beobachtung an.
2. » $4^1/_2$ » » » » » »
3. » 6 » » » » » »
4. » 8 » » » » » »
5. » zirka 24 Stunden von Beginn der Beobachtung an.
6. Schematische Darstellung der Fädenlage in einer innerhalb vier Tagen zweimal gewendeten Strichkultur.

sicher fixiert und der obere Teil des Mikroskopes horizontal gestellt, so daß der Tisch und daher auch die Gelatinefläche vertikal zu stehen kamen. Es wurde hierauf ein Stäbchen,

Digitized by Google

welches horizontal lag, in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht und unter ständiger mikroskopischer Beobachtung gehalten. Die weitere Entwicklung wurde, wie nachstehend angegeben, zwei- bis dreistündlich aufgezeichnet, wobei sich, wie aus der nebenstehenden Zeichnung ersichtlich ist, folgende Veränderungen ergaben:

Nach $1^1/_2$ Stunden der Beobachtung hatte sich das Ausgangsstäbchen *a* geteilt, ohne daß im mindesten eine Krümmung desselben eingetreten war. Nach weiteren 3 Stunden war die Trennung der Teilstäbchen *a* und *b* vollendet; das Tochterstäbchen *b* hatte seine ursprüngliche Lage verlassen und sich schief nach aufwärts gerichtet. Gleichzeitig hatten sich *a* und *b* weitergeteilt. 6 Stunden nach Beginn der Beobachtung waren vier Individuen vorhanden. Die Tochterzellen *a'* und *a''*, hervorgegangen aus *a*, hatten sich getrennt und *a''* sich nach aufwärts orientiert. Ebenso hatten sich auch die Tochterzellen von *b* getrennt und es waren zwei Individuen, *b* und *c*, entstanden. Von diesen zeigte wieder *c* eine ausgesprochen geotaktische Orientierung, indem es eine nahezu lotrechte Lage eingenommen hatte, während *b* in der ursprünglichen Lage verblieben war. Nach ferneren 2 Stunden war an *a'* und *a''* keine weitere Veränderung eingetreten, während sich von den Teilstäbchen *b'* und *b''* das letztere schief nach aufwärts stellte und von den Teilstäbchen *c'* und *c''* das letztgenannte in einer zu *b''* nahezu parallelen Richtung nach schief aufwärts abschwenkte.

Am nächsten Morgen, 8 Uhr früh, war ein Zellcönobium entstanden, das, wie die Zeichnung versinnbildlicht, ein sich in die Länge streckendes Wachstum, das nach aufwärts gerichtet ist, erkennen läßt. Es dürfte auffallen, daß die Vermehrung des Bakteriums bei dieser Beobachtung verhältnismäßig langsam vor sich ging, doch sei hiezu bemerkt, daß als Nährboden eine sehr leicht flüssige Gelatine (6%) benützt wurde, die dem Organismus eine möglichst freie Beweglichkeit nach allen Richtungen schaffen sollte. Da diese Gelatine schon bei zirka 20° verflüssigte, war es geboten, die Versuche bei verhältnismäßig tiefen Temperaturen zu halten, wodurch das langsame Wachsen des Bakteriums erklärt wird. Die Beob-

Digitized by Google

achtung wurde ferner an zwei weiteren, gleichfalls horizontal liegenden Stäbchen wiederholt, wobei das eine fast das gleiche Teilungsbild wie das eben beschriebene bot, das andere aber zwei Züge von Bakterien zur Entwicklung brachte, die durch einen Zwischenraum getrennt waren, aber beide wieder die Tendenz hatten, nach aufwärts zu wachsen.

Im Anschluß hiezu sei noch bemerkt, daß das *Bacterium Zopfii*, wenn es in einem flüssigen Nährboden kultiviert wird, vollständig frei bewegliche Individuen zur Entwicklung bringt, die sich in Bezug auf Lokomotion wie einzellige Schwärmsporen verhalten; hingegen besteht die in Gelatine, namentlich in der verwendeten 6% sehr leicht fließenden Gelatine gewachsene Bakterienkultur aus sehr locker gebundenen Elementen. Die Einzelindividuen derselben sind nicht zu einem vielzelligen Organismus vereinigt, sondern durch Schleimhüllen untereinander locker gebunden.

Bei Betrachtung beiliegender Zeichnung kommt man nun zu folgenden Schlußfolgerungen: Da weder das Ausgangsstäbchen noch die Tochterstäbchen während ihres Wachstums bei horizontaler Orientierung auch nur im geringsten Krümmungserscheinungen zeigen, die neugebildeten Zellen vielmehr sich einzeln in der Schwerkraftrichtung orientieren, so kann die Reizwirkung der Schwerkraft nur als eine geotaktische angesehen werden. Würde diese Reizwirkung allein die Lage der Stäbchen beeinflussen, so müßten sich alle Stäbchen, die gebildet würden, lotrecht stellen und in dieser Richtung auch deren Epigonen weiterwachsen. Nachdem dies nicht der Fall ist, so muß noch eine andere Reizursache vorhanden sein, welche die Stäbchen aus dieser idealen, negativ geotaktischen Richtung abdrängt.

Es ist anzunehmen, daß ein chemotaktischer Reiz diese Rolle spielt. Die durch Geotaxis vorgeschriebene Lage eines Stäbchens wird also durch die Lage eines zweiten Stäbchens beeinflußt, indem die Ausscheidungsprodukte des letzteren das erste Stäbchen zwingen, eine andere Richtung, als der Geotaxis entspricht, einzunehmen.

Die Stellung der Stäbchen b', b'' und c' geben hiezu ein gutes Beispiel. b'' hätte sich im Sinne der Geotaxis parallel zu

Digitized by Google

c' stellen sollen, da aber c' bereits vor b'' bestanden, fand b'' in der Nähe von c' nicht mehr die günstigsten Ernährungsbedingungen, es schwenkte nach einer Richtung ab, wo der Nährboden sozusagen noch unangetastet, also von Zersetzungsprodukten frei war. Auch das Stäbchen c'' behielt die Richtung von c' nicht mehr bei, da es wahrscheinlich gleichfalls durch Ausscheidungsprodukte, welche sich oberhalb c' gebildet hatten, von dieser Stelle abgedrängt wurde. b'' und c'' sind zueinander parallel gerichtet und dürfte diese parallele Lage der erste Ausgang der Fadenbildung des Bakteriums sein, die zumeist aus mehreren Reihen von Zellen besteht.

Die weitere Entwicklung dieser Bakterienreihen oder der oft genannten Seitenfäden, welche das Bakterium in senkrecht stehenden Eprouvetten schief nach aufwärts aufbaut, wurde in seitlich flachgedrückten, sehr dünnwandigen, zirka 5 *mm* weiten Eprouvetten unter dem Mikroskope beobachtet. Es kommt hiebei zuerst vom Strich aus zu Entwicklungszentren, die in einer ungefähren Distanz von $^1/_5$ *mm* auseinander liegen.

Von diesen Orten stärkster Entwicklung beginnt nun die Fadenbildung, die sehr häufig aus parallel gerichteten, in der Ebene liegenden Bakterienfäden, seltener aus schraubig gedrehten Bakterienzügen, sehr selten aus einer einzelnen Bakterienreihe bestehen. Diese Fadenbildungen treten kräftig hervor und geben der ganzen Kultur das charakteristische Gepräge.

Von zahllosen Stellen dieser Hauptanlagen der Vegetation sowie auch aus den Zwischenräumen der Wachstumszentren vom Stich aus wachsen dann später oder noch während der Bildung der Hauptzweige zartere Fäden, die zumeist nur eine Zellreihe stark sind, in die umgebende Gelatine. In kürzester Zeit sind diese Stellen des Nährbodens von Bakterienzügen erfüllt, die für sich wieder vielfache Pseudodichtomien zur Entwicklung bringen. Die Hauptfäden sind stets schief nach aufwärts gerichtet, die Seitenfäden zweiter, dritter, vierter Ordnung aber sind nicht mehr geotaktisch orientiert. Die Individuen dieser Bildungen stehen schon zu sehr unter dem Einfluß der Chemotaxis, um noch durch Geotaxis alteriert werden zu können.

Digitized by Google

Wie kräftig die Chemotaxis übrigens auf die Anlage der Kultur wirkt, ersieht man auch sehr schön an der Entwicklung des Organismus an der Oberfläche von Stichkulturen in Peptongelatine. Klatschpräparate zeigen, daß sich von der Mündung des Stiches aus die Hauptzweige radial entwickeln, also wie Speichen eines Rades ausstrahlen. Zwischen diesen Hauptzweigen, die wieder aus mehreren Reihen von Bakterien gebildet werden, ist die Gelatine von wirr durcheinander liegenden Bakterienzügen erfüllt.

Die Anlage der Hauptzweige ist eine radiale, da durch diese Anordnung der Nährboden am besten ausgenützt werden kann. Die ganze Anlage des Cönobiums steht auch hier ohne Zweifel unter dem Einfluß der Chemotaxis.

Als weitere Belege, daß *Bacterium Zopfii* seine Kulturen unter dem Einfluß der Erdschwere entwickelt, mögen noch folgende Versuche erwähnt werden:

In drei lotrecht gestellten, zirka 6 *cm* im Durchmesser fassenden, also sehr weiten Eprouvetten wurden auf Peptongelatine Strichkulturen angelegt. Es entwickelten sich die typischen Seitenfäden in gewohnter Weise schief nach aufwärts. Nach zwei Tagen wurden die Eprouvetten umgekehrt, so daß die Öffnungen derselben sich jetzt unten befanden; von den Endpunkten der jetzt nach abwärts gerichteten Fäden entwickelten sich nach aufwärts in gleicher Lage wie früher die Fortsetzungen. Als die Eprouvetten nach dem gleichen Zeitraum zum zweiten Mal umgekehrt wurden, wiederholte sich die Sache, die dritten Ansätze wuchsen wieder schief nach aufwärts. Diese dritten Ansätze hatten dieselbe Lage wie die ersten; beide waren zueinander vollständig parallel gerichtet und ließ jeder Faden eine sehr regelmäßige, zickzackförmige Gestalt erkennen.

Ferner möchte ich noch auf die Beobachtung hinweisen, die leicht nachkontrolliert werden kann, daß von einem Tropfen einer ziemlich dichten Aufschlemmung des *Bacterium Zopfii* in Bouillon, welcher auf einer senkrecht stehenden Peptongelatineplatte fixiert wurde, das Weiterwachsen der Bakterien in die umgebende Gelatine nur an der obersten Stelle im größten Maßstabe vor sich geht, während an anderen Punkten

Digitized by Google

der von dem Tropfen bedeckten Gelatine selbst nach längerer Zeit kaum eine Entwicklung des Bakteriums bemerkbar ist.

Der geotaktische Reizeinfluß auf das *Bacterium Zopfii* tritt übrigens auch in der Bouillonkultur ziemlich deutlich zu Tage. Ich bediente mich bei dieser Beobachtung enger, steriler Kapillarröhrchen, auf deren Verwendung für den gleichen Zweck schon Aderhold[1] aufmerksam machte. Es wurde in diese Kapillarröhrchen zuerst eine kleine Menge steriler Bouillon, hierauf, und zwar möglichst rasch, ein geringes Quantum einer dichten, jungen Kultur von *Bacterium Zopfii* in Bouillon aufgesaugt. Die Kapillarröhrchen wurden dann mittels Paraffin an beiden Seiten luftdicht verschlossen und mittels eines Gelatinetropfens an dem einen Ende auf einem Objektträger befestigt, welcher auf dem vertikal gestellten Tisch eines Mikroskopes eingespannt wurde. Ich konnte feststellen, daß aus der im untersten Teile des Kapillarröhrchens befindlichen, dichtstehenden Bakterienmasse sich die beweglichen Stäbchen nach aufwärts entfernten und in sehr kurzer Zeit weitabliegende Stellen der Bouillon im oberen Teile des Röhrchens erreichten. Hier schwammen sie, die meisten mit der Tendenz, höher zu steigen, lebhaft herum. Zu einer dichten Ansammlung derselben im obersten Teile der Bouillon kam es aber nicht, doch konnte bei einem Vergleich einer senkrecht gestellten mit einer horizontal liegenden Kapillare durch Messungen festgestellt werden, daß nach gleicher Zeit die beweglichen Stäbchen in der stehenden Kapillare weit größere Strecken durcheilt hatten als in der liegenden. Wurde die senkrecht stehende Kapillare nur am oberen Ende verschlossen, so entfernten sich auch die beweglichen Stäbchen vom unteren offenen Ende nicht. In diesem Falle wirkte der hinzutretende Luftsauerstoff der negativ geotaktischen Reizursache entgegen, was bei dem großen Sauerstoffbedürfnis des *Bacterium Zopfii* erklärlich ist.

Überblickt man nun den Inhalt vorstehender Mitteilungen, so kann man sagen, daß das *Bacterium Zopfii* sich unter dem Einflusse des Schwerkraftreizes nicht geotropisch, sondern

[1] Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften, 1888, p. 321.

Digitized by Google

geotaktisch, und zwar negativ geotaktisch orientiert. Der Schwerkraftsreiz wirkt hier orientierend auf eine frei bewegliche oder richtiger auf eine aus lose verbundenen Organismen bestehende Kultur ein. Es wurde ferner ersehen, daß die geotaktische Wirkung nicht in allen Teilen der Kultur zum Ausdruck kommt, sondern bei einem großen Teil der Einzelindividuen durch Chemotaxis alteriert, ja bei vielen durch diese Reizursache aufgehoben wird.

Der Einfluß der Schwerkraft auf die Bewegung der Bakterien ist bisher nur einmal, und zwar von Massart[1] für zwei marine Spirillen festgestellt worden, von denen sich die eine als negativ, die andere als positiv geotaktisch erwies.

[1] Bull. de l'Academie royal de Belg. 1891, p. 158.

Digitized by Google

Beck v. Mannagetta G., Die Umkehrung der Pflanzenregionen in den Dolinen des Karstes.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 3—20.

Pflanzenregionen, Umkehrung derselben in den Dolinen des Karstes.
Beck v. Mannagetta G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 3—20

Dolinen des Karstes, Umkehrung der Pflanzenregionen in denselben.
Beck v. Mannagetta G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 3—20.

Lorenz L., v., *Gazella Salmi* n. sp.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 21—25.

Gazella Salmi n. sp. —
Lorenz L., v., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 21—25.

Afrika, Faschoda, *Gazella Salmi* n. sp.
Lorenz L., v., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 21—25.

Nil, Weißer, Faschoda, *Gazella Salmi* n. sp.
Lorenz L., v., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 21—25.

Richter O., Zur Physiologie der Diatomeen. I.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 27—119.

Diatomeen, Zur Physiologie der —. I.
Richter O., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 27—119.

Physiologie der Diatomeen. I.
Richter O., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 27—119.

Digitized by Google

Digitized by Google

Klaptocz B., Ergebnisse der zoologischen Forschungsreise Dr. Franz Werner's in den ägyptischen Sudan und nach Nord-Uganda. Cestoden aus Fischen, aus *Varanus* und *Hyrax*.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 121—144.

Cestoden aus Fischen, aus *Varanus* und *Hyrax*. Ergebnisse der zoologischen Forschungsreise Dr. Franz Werner's in den ägyptischen Sudan und nach Nord-Uganda.
Klaptocz B., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 121—144.

Ägyptischer Sudan und Nord-Uganda, Ergebnisse der zoologischen Forschungsreise Dr. Franz Werner's. Cestoden aus Fischen, aus *Varanus* und *Hyrax*.
Klaptocz B., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 121—144.

Zikes H., Über geotaktische Bewegungen des *Bacterium Zopfii*.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 145—156.

Bacterium Zopfii, dessen geotaktische Bewegungen.
Zikes H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 145—156.

Geotaktische Bewegungen bei *Bacterium Zopfii*.
Zikes H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 145—156.

Digitized by Google

Klaptocz B., Ergebnisse der zoologischen Forschungsreise Dr. Franz Werner's in den ägyptischen Sudan und nach Nord-Uganda. Cestoden aus Fischen, aus Tarnus und Hyrax.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt. Bd. 115 (1906), p. 121—144.

Cestoden aus Fischen, aus Tarnus und Hyrax. Ergebnisse der zoologischen Forschungsreise Dr. Franz Werner's in den ägyptischen Sudan und nach Nord-Uganda.
Klaptocz B., **Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906),** p. 121—144.

Ägyptischer Sudan und Nord-Uganda. Ergebnisse der zoologischen Forschungsreise Dr. Franz Werner's. Cestoden aus Fischen, aus Tarnus und Hyrax.
Klaptocz B., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 121—144.

Zikes H., Über geotaktische Bewegungen des Bacterium Zopfii.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 145—156.

Bacterium Zopfii, dessen geotaktische Bewegungen
Zikes H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 145—156.

Geotaktische Bewegungen bei Bacterium Zopfii.
Zikes H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 145—156

Digitized by Google

Die Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse erscheinen vom Jahre 1888 (Band XCVII) an in folgenden vier gesonderten Abteilungen, welche auch einzeln bezogen werden können:

Abteilung I. Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Kristallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physischen Geographie und Reisen.

Abteilung II a. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Astronomie, Physik, Meteorologie und Mechanik.

Abteilung II b. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Chemie.

Abteilung III. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie des Menschen und der Tiere sowie aus jenem der theoretischen Medizin.

Von jenen in den Sitzungsberichten enthaltenen Abhandlungen, zu deren Titel im Inhaltsverzeichnisse ein Preis beigesetzt ist, kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und können durch die akademische Buchhandlung Alfred Hölder, k. u. k. Hof- und Universitätsbuchhändler (Wien, I., Rothenthurmstraße 13), zu dem angegebenen Preise bezogen werden.

Die dem Gebiete der Chemie und verwandter Teile anderer Wissenschaften angehörigen Abhandlungen werden auch in besonderen Heften unter dem Titel: »Monatshefte für Chemie und verwandte Teile anderer Wissenschaften« herausgegeben. Der Pränumerationspreis für einen Jahrgang dieser Monatshefte beträgt 14 K — 14 M.

Der akademische Anzeiger, welcher nur Originalauszüge oder, wo diese fehlen, die Titel der vorgelegten Abhandlungen enthält, wird, wie bisher, acht Tage nach jeder Sitzung ausgegeben. Der Preis des Jahrganges ist 5 K — 5 M.

Digitized by Google

Digitized by Google

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN AKAD.

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXV. BAND. II. HEFT.

JAHRGANG 1906. — FEBRUAR.

ABTEILUNG I.

ENTHALT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

(MIT 1 KARTE, 3 TAFELN UND 2 TEXTFIGUREN.

WIEN, 1906.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN KOMMISSION BEI ALFRED HÖLDER,

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

Digitized by Google

INHALT

des 2. Heftes, Februar 1906 des CXV. Bandes, Abteilung I der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse.

Seite

Hiekel R., Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Soorerregers (*Dematium albicans* Laurent = *Oidium albicans* Robin.). (Mit 2 Tafeln und 1 Textfigur.) [Preis: 1 K 85 h — 1 M 85 pf] 159

Waagen L., Die Virgation der istrischen Falten. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 75 h — 75 pf] 199

Tschermak G., Metasilikate und Trisilikate (dritte Mitteilung über die Darstellung der Kieselsäuren). (Mit 1 Textfigur.) [Preis: 75 h — 75 pf] 217

Grund A., Vorläufiger Bericht über physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet des Kleinen Mäander bei Ajasoluk (Ephesus). (Mit 1 Karte.) [Preis: 90 h — 90 pf] 241

Preis des ganzen Heftes: 3 K — h — 3 M — pf.

Digitized by Google

HARVARD COLLEGE LIBRARY
OCT 2 1906
CAMBRIDGE, MASS.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXV. BAND. II. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Digitized by Google

Digitized by Google

Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Soorerregers (Dematium albicans Laurent = Oidium albicans Robin.)

von

Rudolf Hiekel.

Ausgeführt mit Unterstützung der Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag. Nr. 81 der zweiten Folge.

(Mit 2 Tafeln und 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. Jänner 1906.)

I. Einleitung.

Bekanntlich kommt der Soorerreger auf den Schleimhäuten der Menschen, besonders der Mundhöhle und Vagina parasitisch vor, wo er ganze Beläge bilden kann, die aus verfilzten Soorfäden und abgestorbenen Epithelzellen bestehen und gleichzeitig andere Mikroorganismen beherbergen. Bei Kindern und geschwächten Personen kann die Ausbreitung des Soorbelags gelegentlich besonders an Größe zunehmen. Neben dieser lokalen Soorerkrankung beobachtete man jedoch auch Fälle einer Allgemeinerkrankung des Körpers durch den Soor, sogenannte Soormykosen, die von verschiedenen Forschern beschrieben wurden und auch durch Impfung des Soors in die Blutbahn bei Tieren hervorgerufen werden.[1] Inwieweit aber diese Versuche beweisend sind, kann hier nicht beurteilt werden.

[1] Vergl. H. Roger, L'infection oidienne. Presse médicale 1898, Nr. 70. Referat: Zentralbl. für Bakt. u. Par., XXVII, 1900, p. 868. Ferner Klemperer, Zentralbl. für klin. Medizin, 1885, p. 850. — Grawitz, Virchow's Archiv, 1881, p. 355.

Digitized by Google

Daß eine Weiterverbreitung des Soors im Körper möglich sei, geht aus den Befunden von Schmorl[1] hervor, der einen Fall von Soormetastase in der Niere beschrieb. Nach ihm kann der Soor die Epithelien durchdringen und in die feinen Blutgefäße der Schleimhaut gelangen. Auch Heller[2] beobachtete eine ganze Reihe von Fällen, wo der Soor in die Blutgefäße eingedrungen war.

Der Infektion durch Soor sind besonders Kinder, schwächliche Personen und Diabetiker ausgesetzt. Über die Größe der Pathogenität ist man jedoch bis jetzt noch nicht einig. Meist wird der Soor nur als ein pathogener Pilz zweiter Klasse betrachtet, der an weiterer Ausbreitung erst bei schon allgemein geschwächtem Körper zunimmt, während andererseits manche Fälle eine stärkere Virulenz bezeugen, was besonders Heller betont.

Aus den botanischen wie aus medizinischen Arbeiten über den Soorpilz geht aber auch hervor, daß man gegenwärtig noch immer zweifelt, ob die Soorkrankheit durch einen oder durch mehrere Soore oder gar durch verschiedene niedere Pilze hervorgerufen werden kann. Daraufhin weisen die widersprechenden Beobachtungen, desgleichen die Versuche verschiedener Autoren, wie Stumpf,[3] Fischer und Brebeck,[4] zwei verschiedene Soore zu unterscheiden oder, wie Plaut[5] und Grawitz,[6] den Soor mit anderen Pilzen zu identifizieren.

---

[1] Dr. G. Schmorl, Ein Fall von Soormetastase in der Niere. (Originalarbeit.) Zentralbl. für Bakt. u. Par., VII. Bd., p. 329.

[2] Heller, Beiträge zur Lehre vom Soor. Deutsch. Arch. für klin. Medizin, 1894, Nr. 55, p. 123. Referat: Zentralbl. für Bakt. u. Par., XVII, 723.

[3] Stumpf, zitiert nach Fischer und Brebeck, Untersuchungen über die Natur des Soorpilzes. Münchner medizin. Wochenschrift, 3. November 1885.

[4] Fischer und Brebeck, Zur Morphologie, Biologie und Systematik der Kahmpilze, der *Monilia candida* Hansen und des Soorerregers. Verlag von G. Fischer, Jena 1894.

[5] H. C. Plaut, Neue Beiträge zur systematischen Stellung des Soorpilzes in der Botanik. Leipzig, H. Voigt, 1887. Referat: Zentralbl. für Bakt. u. Par., I, p. 527.

[6] P. Grawitz, Bot. Zeitg., 1878, p. 410.

Digitized by Google

Auch fand Vallerio Galli[1] einen Soor, der sich in der Kultur und Virulenz vom gewöhnlichen verschieden verhält, und O. Heubner[2] beschreibt einen Fall von Soorallgemeinerkrankung, die von einem Soorpilz hervorgerufen worden war, der sich durch sein fast ausschließliches Konidienwachstum auszeichnete, so daß man eine besondere Art vermuten müsse.

Eines der Ziele meiner Arbeit war es nun, die Frage nach der Zahl der Soorerreger aufzuklären und ferner die Morphologie und Physiologie des Pilzes, die bisher vielfach lückenhaft war, einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen.

II. Wachstumsform.

Nach den Beschreibungen der Autoren wächst der Soor auf festen Nährmedien meist in hefeähnlichen, weißen, etwas erhöhten Kolonien von schmieriger Konsistenz, die sich meist aus hefeförmigen Zellen zusammensetzen. Roux und Linossier[3] beschrieben Soorkulturen von solchem Aussehen auf gekochten Karottenschnitten; Fischer und Brebeck[4] auf Bierwürzgelatine.

In flüssigen Medien beobachtete man meist mehr oder weniger deutliche Hyphenbildung. Der Behauptung, daß feste Nährmedien die Hefeform, flüssige die Hyphenform zur Folge hätten, sind Roux und Linossier mit Recht entgegengetreten, da nach ihren Erfahrungen auch auf festen Nährmedien Hyphen zu beobachten sind. Dieser makroskopischen Beschreibung der Soorkulturen kann ich mich jedoch nur bedingt anschließen, da man, wie ich gleich erwähne, nach meinen Untersuchungen zwei Varietäten unterscheiden muß. Dabei stehen beide Varietäten einander sehr nahe, da

---

[1] Vallerio Galli, Sur une variété d'oidium albicans Ch. Robin isolée des selles d'un enfant atteint de gastroentérite chronique. Archiv de Parasitolog., I, 1902, p. 572. Referat: Just's Bot. Jahresberichte, 30. Jahrg., 1902.

[2] Heubner O., Über einen Fall von Soorallgemeininfektion. Deutsche medizin. Wochenschrift, 29. Jahrg., Nr. 33, 1903.

[3] Roux et Linossier, Recherches morphologiques sur le champignon du muguet. Archives de médecine expérimentale, 1890, p. 25. Referat: Zentralbl. für Bakt. u. Par., XI, p. 733.

[4] L. c., p. 160.

Digitized by Google

sie bis zu einem gewissen Grade durch geeignete Kulturbedingungen sich einander näher bringen lassen. Die eine Varietät zeichnet sich durch eine größere Neigung zur Hyphenbildung aus und sei deswegen kurz Hyphensoor genannt, während die andere Varietät eine starke Tendenz zur Konidienbildung aufweist und daher als Konidiensoor bezeichnet werden soll. Auf den Konidiensoor passen nun vor allem die Beobachtungen, welche Roux und Linossier[1] in physiologischer Beziehung an dem Soorpilz gemacht haben. Ich hebe hier die von diesen beiden Forschern beobachtete Variabilität der Wuchsform hervor, wonach der Pilz der genannten Forscher bald ausschließlich in Konidien, also hefeartig, bald in Hyphen wachsen kann, je nachdem man diese oder jene Stoffe zur Ernährung verwendet. Im allgemeinen gilt nach ihnen das Gesetz, daß mit steigendem Molekulargewicht, besonders der Kohlehydrate, die Hyphenbildung zunehme. Die andere Soorvarietät zeigt diese gesetzmäßige Beeinflußbarkeit nicht. Schon Stumpf[2] unterschied in ähnlicher Weise den Soor in einen fadenbildenden und einen Sproßpilz. Spätere Autoren bestätigen jedoch eine solche Unterscheidung nicht. In neuerer Zeit nun haben Fischer und Brebeck[3] den Soor wieder in zwei Varietäten unterschieden, nämlich in einen Soorpilz, der größer ist und die Bierwürzgelatine verflüssigt, und in einen kleineren, »nicht verflüssigenden«. Außerdem beobachteten sie bei dem ersteren manchmal eine Mycelbildung mit schimmelpilzartiger Verästelung, während bei dem zweiten eine solche Wuchsform nie gesehen wurde.

Wie vorhin die makroskopische Beschreibung, so gilt auch die mikroskopische nicht für alle von mir untersuchten Soorstämme. Zwei nämlich, die als Hyphensoor[4] zusammengefaßt

---

[1] Roux et Linossier, Recherches biologiques sur le champignon du muguet. Archives de médecine expérimentale et d'anatomie pathologique, 1890, p. 30. Referat: Zentralbl. für Bakt. u. Par., XXII, p. 164.

[2] L. c., p. 160.

[3] L. c., p. 160.

[4] Der eine wurde von Kral als »verflüssigender Soorpilz Fischer-Brebeck« bezogen, der andere stammt aus dem deutschen Kinderspital in Prag.

Digitized by Google

werden, wachsen unter den gewöhnlichen gleichen Kulturbedingungen anders. Nur unter ganz besonderen Ernährungsverhältnissen zeigen sie ihre Zugehörigkeit zu dem gegenüberzustellenden Konidiensoor durch dieselbe Art des Wachstums an. Ich gebe nun im folgenden die genaue Beschreibung der Wuchsform des Soorpilzes im Anschluß an Rees,[1] der Soorschorfen in Kirschsaft kultivierte, und nach eigenen Beobachtungen: Der Pilz wächst in gegliederten Hyphen, welche farblos sind und an dem oberen Ende eines jeden Gliedes, seltener gegen die Mitte zu, hefeartige Zellen einzeln oder zu mehreren abschnüren, die ihrerseits wieder gleiche Gebilde erzeugen und so ganze Sproßverbände produzieren oder noch angeheftet zu neuen in derselben Weise Hefezellen (Konidien) tragenden Fäden auswachsen. Dadurch entsteht ein verzweigtes Mycelium. Indem sich nun um die Gliederenden auf die angegebene Weise reichlich Konidien anlagern, kommt eine sehr charakteristische Wachstumsform zu stande, die ich stockwerkartigen Aufbau nennen möchte (Fig. 7, Tafel I). Durch große Neigung zur Hyphenbildung wachsen jedoch die dann immer in geringer Zahl primär abgeschnürten Konidien gleich zu Gliederfäden aus oder es werden gar an Stelle der Konidien gleich Hyphenseitenzweige gebildet, die ein Hervorgehen aus einer Konidie nicht erkennen lassen. Auf diese Weise wird der Stockwerkbau verwischt und man erhält bei starkem oder völligem Verschwinden der Hefezellen ein Mycel, das mit einem gewöhnlichen Schimmelpilzmycelium verwechselt werden kann (Fig. 7, Tafel I, rechts). Diesen Typus, den Roux und Linossier[2] nie beobachtet hatten, zeigt fast stets der eben deswegen unterschiedene Hyphensoor. Die an den Gliederenden entsprossenen Konidien sind meist rund, jedoch auch in allen Übergängen bis zum langen Faden zu beobachten. Während nun die aus den primär gebildeten Konidien und die direkt entstandenen Hyphen fest am Mutterfaden haften, zerfallen die Konidiensproßverbände außer-

[1] Rees, Über den Soorpilz. Bot. Zeitg., 1878, p. 202. — Rees, Ist der Soorpilz mit dem Kahmpilz wirklich identisch? Bot. Zeitg., 1878, p. 218.

[2] L. c., p. 161.

Digitized by Google

ordentlich leicht, was wohl zum Zwecke der Verbreitung gedeutet werden muß. Von verschiedenen Autoren, jedoch nicht von allen, wurden mehr oder weniger häufig die von Kehrer[1] beschriebenen Dauersporen des Soors beobachtet (vergl. Fig. 8, 9, 10; Tafel I).

III. Dauersporen.

Die Dauersporen (Fig. 8 und 9. Tafel I) sind kugelige, mit körnigen Reservestoffen angefüllte Gebilde, die mit einer dicken, stark lichtbrechenden Membran umgeben sind. Sie bilden sich entweder an den Spitzen der Hyphen oder auch seitlich an denselben und sind ungefähr dreimal größer als die Konidien. Diese Dauersporen konnte ich jedoch nicht bei allen untersuchten Soorstämmen in gleicher Weise beobachten, sondern in hervorragendem Maße nur bei einem, den ich als verflüssigenden Soorpilz (Fischer und Brebeck) aus dem Kral'schen Institute in Prag bezogen hatte und den ich unter die Gruppe der Hyphensoore rechne. Auch bei einem Soor, der aus der Mundhöhle eines gesunden Menschen stammte, bildeten sich typische Dauersporen, jedoch in geringerer Menge und neben zahlreichen Konidien. Bei allen übrigen Stämmen trat die Dauersporenbildung fast ganz oder vollständig zurück und die Dauersporen, falls sie hie und da beobachtet wurden, waren dann oft auch nicht so typisch. Die Erscheinung, daß Dauersporen und reichlich Konidien an einem Faden gebildet werden, ist eine seltene. Meist sah ich entweder lauter Dauersporen an den Hyphen und keine Konidien oder umgekehrt. Auch bei den Sooren, im ganzen genommen, scheint es, als ob Konidien und Dauersporen einander ersetzten, indem gerade bei den Konidiensooren Dauersporen nur höchst vereinzelt gesehen wurden, während andererseits der Hyphensoor, der die Dauersporen nach Wunsch bildet, selten in Konidien wächst. Beide Formen, Dauersporen sowie Konidien, bezwecken die Erhaltung der Art, indem die einen mit ihrer Widerstandsfähigkeit, die andern durch ihre Vielheit wirken. Wenn nur eine Erhaltungsmethode angewendet wird, so könnte man das so erklären, daß

[1] Kehrer F. A., Der Soorpilz. Bot. Zentralbl., 1883, XIV, p. 48.

Digitized by Google

sich im Laufe der Zeit die eine oder die andere Erhaltungsart fixierte, und wir gelangen zu Formen mit reichlicher Konidienbildung ohne Dauersporen und zu solchen, die Dauersporen, aber selten Konidien erzeugen. Diese Formen scheinen tatsächlich in den beiden Varietäten: Hyphensoor und Konidiensoor realisiert zu sein. Indem wohl hier den einzelnen Autoren entweder der eine oder der andere Soor bei ihren Beobachtungen zu Grunde lag, mag es sich erklären, daß Dauersporen beobachtet wurden oder nicht. Da aber auch nicht unter allen Bedingungen diese charakteristischen Gebilde erzeugt werden, erklärt es sich auch, daß ich gerade an dem von Fischer und Brebeck beschriebenen Soor, der von Kral zu beziehen ist, Dauersporen nach Belieben hervorrufen kann, während die beiden Forscher sie nicht beobachten konnten.

Keimungsversuche, die von Roux und Linossier mit den Dauersporen angestellt wurden, führten zu keinem Resultate. Von anderen Autoren wurden solche Versuche nicht gemacht, weil ihnen wohl nicht genug Dauersporen zur Verfügung standen. Die von mir durchgeführten Versuche ergaben jedoch sehr günstige Resultate, die bei dem Soor, der diese Gebilde reichlich auf gewissen Medien zeigt, beschrieben werden.

IV. Herkunft der untersuchten Soore und Methoden.

Das Material zu meinen Untersuchungen verdanke ich zum allergrößten Teile Herrn Prof. Dr. Ganghofer, Leiter des deutschen Kinderspitales in Prag, dem ich gleich an dieser Stelle meinen Dank für sein Entgegenkommen ausspreche. Desgleichen fühle ich mich Herrn Hofrat Prof. Dr. Chiari für die Überlassung eines Soorstammes aus dem menschlichen Ösophagus[1] und für die Benützung der Bibliothek zu großem Danke verpflichtet.

Die Soorschorfen, die ich fast zu jeder Zeit aus dem Kinderspitale abholen konnte, wurden gewöhnlich dort nach ihrer Entnahme von den Schleimhäuten in reines Zuckerwasser

[1] Dieser Soor aus dem Ösophagus ist ein Konidiensoor und zeigt besonders schön die Beeinflußbarkeit durch äußere Faktoren.

Digitized by Google

gegeben und so nicht allzulange aufbewahrt. Zur Herstellung von Plattenkulturen wurden Teile der Soorschorfen in einer Eprouvette mit flüssiger Bierwürzgelatine (natürlicher saurer Reaktion) kräftig geschüttelt, in andere Eprouvetten überimpft und diese auf Petrischalen aufgegossen. Dadurch wurden meist Plattenkulturen gewonnen, die, wenn nicht Schimmelpilze anwesend waren, Soorreinkulturen darstellten. Die auslesende Wirkung der sauren Bierwürzgelatine, besonders gegenüber den Bakterien, kommt also bei der Isolierung des Soorpilzes sehr zu statten, so daß bei Anwendung aller bakteriologischen Vorsichtsmaßregeln eine Reinkultur leicht einwandfrei gewonnen wird. Alle Kulturen boten freilich nicht denselben Reinheitsgrad nach der ersten Aussaat dar. Dem Einwande, warum die Soorschorfen nicht direkt aus dem Munde mit sterilisierter Nadel entnommen wurden, möchte ich entgegenhalten, daß dieses Verfahren eigentlich keine Gewähr einer geringen Verunreinigung bietet, da ja ein mit Soor infizierter Säuglingsmund ohnehin Keime verschiedener Art in Unmenge enthält, also eine weitere Verunreinigung in bakteriologischem Sinne durch reines Zuckerwasser nicht gut möglich ist.

Um ein Nährmedium zu erhalten, das wenigstens annähernd immer gleichmäßig hergestellt werden kann, benutzte ich Molisch's Pilznährlösung,[1] zu der Agar (womöglich gewässert) oder Gelatine in geeigneter Menge zugesetzt wurde (Agar 1%, Gelatine 10%). Als Stickstoffquelle benutzte ich jedoch 1% Pepton. Als weitere Kohlenstoffquelle wurde meist 3% Rohrzucker verwendet, jedoch auch häufig weggelassen. Da das genannte Nährmedium, wie sich erwies, diesen Organismus in stets charakteristischer Form und daher wohl auch in natürlicher Wuchsform erscheinen ließ und dasselbe von jedermann mit annähernd gleichen Nährstoffverhältnissen hergestellt werden kann, was von den Fleischextrakten nicht gilt, so dürfte es auch für spätere Sooruntersuchungen geeignet sein. Besonders gut ist das Agar, da es erstens die

[1] 500 *g* Wasser, 0·25 *g* $MgSO_4$, 0·25 *g* KH_2PO_4, Spur $FeSO_4$ (auch K_2HPO_4 wurde verwendet). Die C- und N-Quellen verändert! — H. Molisch, Die mineralische Nahrung der niederen Pilze. Diese Sitzungsberichte, Bd. CIII, Abt. I, Oktober 1894.

Digitized by Google

physiologisch interessante Stichkultur des Soorpilzes am besten zeigt und zweitens leicht aus der Eprouvette durch schnelles Erhitzen der Glaswände als gallertiger Zylinder entfernt werden kann, der sich dann zu Stichkulturquerschnitten sehr gut benützen läßt. Die mikroskopischen Bilder, die ohne jede Härtung auf diese Weise leicht und schnell gewonnnen werden, zeigen den Pilz unberührt in seiner Wuchsform. Im übrigen wurden die üblichen Nährsubstrate und -lösungen sowie die bekannten Methoden zur Untersuchung verwendet. Die Reagenzien wurden von Merck aus Darmstadt bezogen.

V. Einfluß äußerer Faktoren auf den Soor.

Bevor ich an die Beschreibung der Soorarten gehe, möchte ich erst über einige physiologisch interessante Einflüsse äußerer Faktoren auf die Wuchsform des Soorpilzes berichten. Es sind dies Beobachtungen, die sich bestätigend und ergänzend an diejenige von Roux und Linossier[1] anschließen sollen. Es muß jedoch gesagt werden, daß die Beschreibungen dieser Einflüsse nur für den Konidiensoor ihre volle Geltung haben. Wo der andere Soor dieselben Erscheinungen zeigt oder nicht, wird in dem betreffenden Kapitel stets gesagt werden.

a) Einfluß der Nährstoffe.

Es ist schon eingangs auf die auch von mir beobachtete Beeinflußbarkeit des Soors in seiner Wuchsform hingewiesen worden, die besonders Roux und Linossier zum Gegenstande ihrer Studien machten. Nach dem von ihnen aufgestellten Gesetze, daß die Komplikation der Wuchsform beim Soor mit dem Molekulargewichte der Nährstoffe wächst, mit anderen Worten: daß der Soor bei hochmolekularen Nährstoffen mehr zur Hyphenbildung neigt, erklärten sie das verschiedene Aussehen dieses Organismus in den gebräuchlichsten Nährmedien, wo man bald Hyphen, bald Konidien beobachtet. Das meist stets zu bemerkende Konidienwachstum auf festen Substraten deuteten sie in folgender Weise: Die auf dem festen

[1] L. c., p. 162.

Digitized by Google

Nährboden aufgelagerten Zellen erhalten nur durch Diffusion ihre Nahrung. Da nun nur die wenig komplizierten Stoffe diffundieren können, so werden diese Zellen auch nur von Stoffen mit geringerem Molekulargewicht ernährt und müssen daher, dem Gesetze folgend, in der Konidienform wachsen. Nur die Zellen, die in direkter Berührung mit dem Substrate stehen, können Fäden bilden. Um die Richtigkeit des erwähnten Gesetzes nachzuprüfen, wurden zwei Reihen von Bouillonkulturen hergestellt. Die erste Reihe enthielt Molisch's Pilznährlösung mit $(NH_4)_2SO_4$ als Stickstoffquelle, während als Kohlenstoffquellen vier Monosen, drei Biosen und zwei Polyosen folgten. Die zweite Reihe unterschied sich von der ersten nur durch die Stickstoffquelle. Hier wurde Pepton gewählt (siehe beistehende Tabelle). Der Versuch ergab nun, daß diese verschiedenen Zuckerarten nur auf den Konidiensoor, nicht aber auf den Hyphensoor einen formenbildenden Einfluß ausübten. Bei letzeren sah man nur stärkeres oder schwächeres Wachstum, wobei sich bei schlechten Verhältnissen im allgemeinen die Konidien anreicherten. $(NH_4)_2SO_4$ schien für diesen Soor nicht vorteilhaft zu sein. Der andere Soor zeigte, wenn ich von einer Monose, der Galaktose, absehe, das von Roux und Linossier aufgestellte Gesetz sehr schön. Aus der beigefügten Tabelle ersieht man bei den Monosen ein starkes Übergewicht der Konidien, das in den Kulturen schon makroskopisch zu erkennen war, indem man beim Schütteln eine feine Verteilung der Pilzmasse erzielte. Die gebildeten Hyphenflocken erreichten nur eine sehr geringe Größe: $^1/_{10}$ *mm* schätzungsweise. Die Eprouvetten mit den Biosen ließen viel größere Hyphenflocken (2 bis 3 *mm*) erkennen und in den Polyosen war das Hyphenwachstum ausschließlich. In einzelnen Fällen kam es sogar zur Entwicklung von Kahmhäuten (siehe Tabelle). In den Kulturen mit Pepton sah man ein allgemein besseres Wachstum. Das abweichende Verhalten der Galaktose zeigte sich weniger deutlich in den Kulturen mit anorganischer Stickstoffquelle. Es bestand in den Peptonnährlösungen in einer Hyphenbildung, welche an die der Biosenkulturen heranreichte und sie auch noch übertraf. Nach diesem Ergebnis möchte ich daher betonen, daß man wohl richtig geht, wenn man von vornherein

Digitized by Google

Tabelle, betreffend die Abhängigkeit der Wachstumsart vom Molekulargewichte, besonders der Zuckerarten.

Zuckerart	Molisch's Pilznährlösung			
	$^1/_4$% $(NH_4)_2SO_4$		$^1/_4$% Pepton	
	Konidiensoor	Hyphensoor[1]	Konidiensoor	Hyphensoor
Glukose	Bis $^1/_{10}$ *mm* große Flöckchen (vorherrschend Konidiensprossung)	1 bis 2 *mm* große sphäritähnliche Hyphenkugeln	$^1/_{10}$ *mm* große Hyphenflöckchen und herrschende Konidiensprossung	2 bis 3 *mm* große sphäritartige Hyphenkugeln
Lävulose	Bis $^1/_{10}$ *mm* große Flöckchen (vorherrschend Konidiensprossung)	$^1/_2$ *mm* große Hyphenflöckchen	$^1/_{10}$ *mm* große Hyphenflöckchen und herrschende Konidiensprossung	2 bis 3 *mm* große sphäritartige Hyphenkugeln
Fruktose	Bis $^1/_{10}$ *mm* große Flöckchen (vorherrschend Konidiensprossung)	1 bis 2 *mm* große sphäritähnliche Hyphenkugeln	$^1/_{10}$ *mm* große Hyphenflöckchen und herrschende Konidiensprossung	1 *mm* große sphäritartige Hyphenkugeln
Galaktose	Bis $^5/_{10}$ *mm* große Flöckchen (vorherrschend Konidiensprossung)	1 bis 2 *mm* große sphäritähnliche Hyphenkugeln	Schleierförmige, wolkige Hyphenflocken	3 *mm* große sphäritartige Hyphenkugeln
Maltose	2 *mm* große Hyphenflocken	1 bis 2 *mm* große sphäritähnliche Hyphenkugeln	1 *mm* große Hyphenflöckchen	3 bis 4 *mm* große sphäritartige Hyphenkugeln
Laktose	2 *mm* große Hyphenflocken, jedoch schlecht gewachsen	1 bis 2 *mm* große sphäritähnliche Hyphenkugeln	Wolkige, schleierförmige Hyphenflocken	5 *mm* große sphäritartige Hyphenkugeln
Saccharose	3 bis 4 *mm* große Hyphenflocken	1 bis 2 *mm* große sphäritähnliche Hyphenkugeln	Wolkige, schleierförmige Hyphenflocken	2 bis 3 *mm* große sphäritartige Hyphenkugeln

[1] Zeigt bei dieser Stickstoffquelle in allen Zuckern schlechte Entwicklung.

Digitized by Google

Zuckerart	Molisch's Pilznährlösung			
	$^1/_4$% $(NH_4)_2SO_4$		$^1/_4$% Pepton	
	Konidiensoor	Hyphensoor	Konidiensoor	Hyphensoor
Dextrin	3 bis 4 *mm* große Hyphenflocken	1 bis 2 *mm* große sphäritähnliche Hyphenkugeln	Dichte, getrennte, 2 *mm* große Hyphenflocken	Schlecht entwickelt
Glykogen	Wolkige Hyphenflocken	2 bis 3 *mm* große Hyphenkugeln	Kahmhaut. Große Hyphenflocken	7 *mm* große, sphäritartige Hyphenkugeln

dieses Gesetz nur innerhalb eines gewissen Rahmens gelten läßt. Die Wirkung der verwendeten Monosen (Galaktose ausgenommen) ist zudem so stark, daß schon früher vorhandene hyphenbildende Bedingungen durch ihren Zusatz aufgehoben werden. Bringt man nämlich in Molisch's Nährlösung mit Pepton als Stickstoff- und Kohlenstoffquelle, in welcher der Konidiensoor sonst in Hyphen wächst, Traubenzucker, so wächst er in Konidien. Eine Beobachtung von Roux und Linossier schlägt wohl auch hier herein, nämlich die, daß der Soor in Bierwürze erst in Konidien und dann, wenn nach Ansicht dieser Autoren aller Zucker verbraucht ist, in Hyphen wächst, indem jetzt das Dextrin zur Nahrung dient. Solange also Zucker (Maltose) da ist, wird das Hyphenwachstum gehemmt, auch wenn alle Bedingungen dazu gegeben sind. Auffällig ist hier nur, daß die Maltose, die doch nach den vorigen Versuchen schon zu den hyphenbildenden Zuckern gehört, hier die verkehrte Funktion haben soll. In meinen Versuchen über die Gärungsfähigkeit des Soors, wo ich 10% einer Zuckerart in Molisch's Pilznährlösung + Pepton verwendete, bemerkte ich aber bei der Maltose eine ausschließliche Konidienentwicklung, während die anderen Biosen, Milchzucker und Rohrzucker, Hyphenbildung aufwiesen. Ich muß also bei der Maltose eine hyphenhemmende Wirkung annehmen, die erst mit steigender Konzentration deutlicher sich zu erkennen gibt, was eigentlich mit dem genannten Gesetze

Digitized by Google

auch nicht ganz in Einklang zu bringen ist. Gleichzeitig wird Maltose wie die Monosen vergoren, die anderen zwei Biosen jedoch nicht. Daher kann eine Annäherung der Maltose an die Monosen in physiologischer Beziehung festgestellt werden, ein Verhältnis, das ein Analogon auch in dem chemischen Verhalten der Maltose findet, die noch ganz die Reaktion der Monosen zeigt und bei der Hydrolyse zwei Moleküle *d*-Glukose liefert. Das verschiedene Verhalten des Milchzuckers, der auch noch die Reaktionen der Monosen gibt, könnte dann darauf zurückzuführen sein, daß dieser Zucker neben *d*-Glukose auch die bezüglich Hyphenbildung eigenartig wirkende Galaktose im Molekül enthält, was sich bei der Hydrolyse dieses Zuckers zeigt. Saccharose verhält sich chemisch ganz anders als die Monosen und die ihnen näherstehenden zwei genannten Biosen, woraus wohl auch ihre physiologische, besonders von der Maltose verschiedene Wirkung hervorgeht.

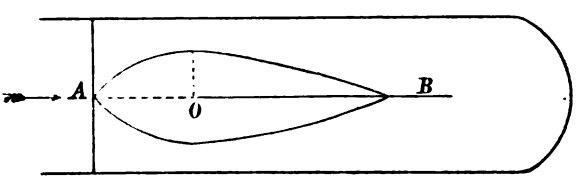
Roux und Linossier zeigten ferner, daß Toxika, Nitrate, Alkalien und Säuren in größeren Mengen, wodurch letztere eben zu Toxika werden, das Hyphenwachstum fördern. Die Wirkung der Säuren kann ich dadurch bestätigen, daß ich in Agarstichkulturen der gewöhnlichen Nährlösung mit weinsaurem Ammonium als Stickstoffnahrung einen Nagelkopf des Stiches erhielt, der fast ganz aus Hyphen bestand und eine reichgefaltete Haut bildete. Sonst ist der Nagelkopf des Konidiensoors stets schmierig und aus Hefezellen gebildet. Ein Versuch mit Essigsäure ergab dasselbe Resultat: Eine Nährlösung mit Pepton und Traubenzucker zeigte fast nur Konidien, während ein Hinzufügen von Essigsäure zur Hyphenbildung anregt, also trotz des anwesenden Traubenzuckers, der hemmend wirkt.

b) Einfluß des Sauerstoffes.

Die Versuche von Roux und Linossier in dieser Richtung hatten ergeben, daß der Soorpilz streng aerob ist. Nach ihnen wächst derselbe in Bouillonkulturen bei Zutritt freien Sauerstoffes besser als bei Luftzutritt. Sauerstoffmangel wirkt fadenbildend wie die Toxika, während reiner Sauerstoff Konidien-

Digitized by Google

bildung hervorruft. Im Vakuum findet keine Entwicklung statt. Die beiden Autoren verweisen selbst darauf, daß in dieser Beziehung noch weitere Versuche nötig sind, um die vorhandene Wirkung zu präzisieren. Ich glaube nun, durch meine Kulturen in dem erwähnten Agar die Art und Weise des Sauerstoffeinflusses genau beurteilen zu können. Die Stichkulturen in diesem Medium sind nämlich äußerst charakteristisch, besonders bei dem Konidiensoor, während der Hyphensoor diese Erscheinung meist undeutlicher zu erkennen gibt. Wenn wir die Photographie (Fig. 12, Taf. II) betrachten, so sehen wir einen Stichkanal, von dem in radiärer Richtung, Wurzelhaaren vergleichbar, Hyphen in das Agar hineinwachsen. Die Länge dieser nach oben zu immer reichlicher Konidien abschnürenden Hyphen ist jedoch keine gleichmäßige, sondern sie nimmt von Null unter dem Nagelkopf, der selbst aus lauter Konidien besteht, schnell zu bis zu einem Maximum der Länge, um dann langsamer gegen die Tiefe des Stiches abzunehmen, so daß wir, die Hyphenenden mit einer Linie verbindend, zu einer erst steil ansteigenden, dann sanft fallenden Kurve gelangen, aus der uns offenbar eine hier wohl ausschließliche Wirkung des Sauerstoffes anspricht (vergl. folgende Zeichnung).



AB = Richtung der Sauerstoffabnahme.
Bei *O* optimale Sauerstoffabsorption und größte Hyphenlänge (Ordinate).

Die Länge der Zelle ist also von dem Grade der jeweiligen Sauerstoffspannung im Agar abhängig. Die größte Länge der Zellen wird bei einer Sauerstoffspannung erreicht, die unterhalb jener der Luft liegt (Optimum). Bei der Sauerstoffspannung der Luft ist die Länge am geringsten, d. h. sie ist gleich dem Querschnitte der Zelle, woraus eine Konidie resultiert (Maximum). Ebenso ist es gegen das untere Ende des Stichkanales hin, wo eine zu geringe

Digitized by Google

Sauerstoffspannung (Minimum) herrscht. Betrachten wir ferner den oberen Teil des Stiches (Fig. 11 und 12, Tafel II) genauer, so finden wir, daß knapp unter dem Nagelkopf am Ende der ganz kurzen Hyphen sich zahlreich Konidien abschnüren, in beiden Photographien leicht kenntlich, da Stellen des Stiches ohne Konidienabschnürung schleierhaft erscheinen. Diese Konidien nun stehen doch (Roux und Linossier) in innigster Berührung mit den hochmolekularen Nährstoffen des Agars und wachsen dennoch nicht in Hyphen aus. Das erklärt sich wohl nur daraus, daß die betreffenden Konidien sich für dieses Medium schon zu nahe dem Sauerstoffe der Luft befinden, dieser also eine große Wirkung auf die Längenverhältnisse der Soorzelle ausübt. Daß es sich bei der beschriebenen Erscheinung nicht etwa um ein Eintrocknen des Agars von obenher handelt und so dem Längenwachstum aus Wassermangel und mechanischen Gründen durch Verfestigung des Agars ein größerer Widerstand entgegengesetzt wird, während nur weiter unten sich wirklich Sauerstoffmangel geltend machen könnte, beweist wohl mit Sicherheit der Kontrollversuch im dunstgesättigten Raume, der dieselben Stichformen lieferte. Auch die Annahme, daß z. B. im Agar (wie im Meerwasser) eine Sauerstoffanreicherung stattfindet, ist mit der gegebenen Erklärung in Einklang zu bringen, da von oben nach unten die Sauerstoffspannung auf jeden Fall abnehmen muß, denn ein Austausch der verschiedenen Absorptionsschichten kann im Agar nicht stattfinden. Nur die relative Lage des Optimums würde durch diese Annahme eine Verschiebung erleiden.

Ferner ist das Absorptionsvermögen nicht für alle Substrate das gleiche. Daher wird man auch nicht in allen Medien dieses charakteristische Bild bekommen und man hält sich wohl deswegen am besten an die genaue Zusammensetzung des angegebenen Agars. Verschiedene Konzentrationen dürften von Einfluß sein. Gelatine, die wohl ein geringeres Absorptionsvermögen hat, zeigt das Optimum ganz gegen die Oberfläche verschoben (vergl. Fig. 6, Tafel I). Nun erklärt es sich wohl auch unter Beibehaltung der von Roux und Linossier gegebenen Erklärung bei weitem besser, warum submerse Kulturen des Konidiensoors (Fig. 2 und 3,

Digitized by Google

Tafel I) (besonders in Bierwürzgelatine) infolge Hyphenbildung die charakteristischen Sterne zeigen, die aus lauter Stockwerkstrahlen aufgebaut sind, während die oberflächlichen sich nur als Konidienhäufchen repräsentieren (Fig. 1, Tafel I): Die submersen leben einfach in der geeigneten Sauerstoffspannung, die oberflächlichen nicht, daher ihre Verschiedenheit. Der Hyphensoor, der nicht so beeinflußbar ist, zeigt auch in den Oberflächenkolonien Hyphenwachstum (Fig. 5, Tafel I). Auf dieselbe Weise kann man auch die Beobachtung Roux's und Linossier's deuten, daß der Soor in flüssigen Medien schlechter wächst als auf festen. Denn durch Untersinken auf den Grund des Gefäßes kommt der Pilz in die Zone des Sauerstoffminimums, da der Austausch der Flüssigkeitsschichten nicht so schnell erfolgen kann. In einer Sauerstoffatmosphäre absorbiert die Flüssigkeit viel mehr Sauerstoff, daher wird vielleicht das Optimum erreicht und der Pilz gedeiht besser als in der Luft. Ich erhielt jedoch auch in Flüssigkeiten ein gutes Wachstum, habe aber keine vergleichenden Versuche vorgenommen.

Die Soorhyphe reagiert aber nicht bloß durch stärkeres oder schwächeres Längenwachstum auf den Sauerstoff, sondern auch durch Wachstumsbewegungen, indem sie tatsächlich Aërotropismus zeigt. Diese bekanntlich von Molisch[1] zuerst an Wurzeln, dann an Pollenschläuchen entdeckte Bewegung wurde später auch bei Pilzen, so von Winogradsky[2] bei Schwefelbakterienfäden und von L. Čelakovsky[3] bei *Dictyuchus monosporus* beobachtet. Bei meinen Versuchen konnte ich nun auch

[1] H. Molisch, Über die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase (Aërotropismus). Diese Sitzungsberichte, Bd. XC, Abt. I, Jahrg. 1884. — H. Molisch, Zur Physiologie des Pollens mit besonderer Rücksicht auf die chemotropischen Bewegungen der Pollenschläuche. Diese Sitzungsberichte, Bd. CII, Abt. I, Juli 1893.

[2] Winogradsky, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Bakterien. Heft 1, p. 37. Leipzig 1888. Verlag A. Felix.

[3] L. Čelakovsky junior, Über den Aërotropismus von *Dictyuchus monosporus*. Prag 1897. Die Art und Weise, wie Čelakovsky zitiert (p. 8, Fußnote 13), könnte den Anschein erwecken, als ob Miyoshi den negativen

Digitized by Google

Aërotropismus beim Soorpilz konstatieren, und zwar nach derselben Methode, wie dies Molisch[1] für die Pollenschläuche angegeben hat. Diese Eigenschaft ist wohl auch für den Soor von besonderer biologischer Wichtigkeit, indem das Wegwachsen vom Sauerstoff der Luft ebenfalls mit einen Faktor darstellt, der neben chemotropischen Reizen die Hyphe zum Eindringen in die Epithelien veranlaßt.

Bringt man nämlich Soorkonidien oder Dauersporen auf einen Objektträger in ein geeignetes Nährmedium (am besten Speichel mit wenig Saccharose) unter Deckglas bei einer Temperatur von 37° C., so keimen sämtliche am Rande und etwas gegen die Mitte zu liegenden Konidien zu Hyphenfäden aus, die senkrecht vom Deckenglasrande in das Innere wachsen und, wenn sie zu weit hineingelangt sind, umbiegen, um nun eine kleine Strecke wieder gegen den Rand zu wachsen. Konidien dagegen, die zu weit im Inneren liegen, keimen gleich von vornherein gegen den Deckglasrand. Die in der Mitte gelegenen Konidien keimen wie Pollenkörner[1] wegen Sauerstoffmangels nicht.

Auf diese Weise erhält man ein ähnliches Bild (Fig. 13, Taf. II), wie es Molisch[1] mit Pollenkörnern in Zuckergelatine erhielt, und man muß analog schließen, daß hier ein Aërotropismus der Soorzellen vorliegt. Die Soorhyphen verhalten sich danach der atmosphärischen Sauerstoffspannung gegenüber wie Pollenschläuche: sie weichen der gewöhnlichen Sauerstoffspannung der Luft aus und sind daher mit Bezug auf diese negativ aërotrop (Fig. 13, Taf. II). Doch sie können auch, falls sie einer zu niedrigen Spannung ausgesetzt werden, positiv aërotrop werden (Fig. 14, Taf. II).

Es gibt somit ein Optimum der Sauerstoffspannung, zu dem die Soorhyphe stets hinwächst. Um

Aërotropismus der Pollenschläuche entdeckt hätte. Die Priorität gebührt jedoch zweifellos Molisch. Vergl. darüber: Miyoshi, Über Reizbewegungen der Pollenschläuche. Flora oder Allg. bot. Zeitg., 1894, Heft 1, 2. Absatz der Abhandlung. — Miyoshi, Über Chemotropismus der Pilze. Bot. Zeitg., 1894, Heft 1.

[1] H. Molisch, Zur Physiologie des Pollens, mit besonderer Rücksicht auf die chemotropischen Bewegungen der Pollenschläuche. Diese Sitzungsberichte, Bd. CII, Abt. I, Juli 1893, Fig. 1 und 2.

Digitized by Google

Konzentrationsverschiedenheiten kann es sich bei diesem Versuch nicht gut handeln, da er auch im dunstgesättigten Raume gelingt, wo ein Abdunsten vom Rande des Deckglases nicht möglich ist.

Um die beschriebene Erscheinung sicher zu bekommen, verfährt man am besten so: Einige Kubikzentimeter Speichel werden mit einem kleinen Körnchen Rohrzucker kurze Zeit versetzt, so daß sich ein jedoch möglichst geringer Teil des Zuckers löst. In diesen wenig Zucker enthaltenden Speichel bringt man nun von einer frischen Bierwürzkultur Konidien, die möglichst rein von Gelatine sind, und verrührt sie so gut als möglich mit dem Speichel. Dann bringt man einen ganz kleinen Tropfen davon auf einen Objektträger, so daß das Deckglas beim Bedecken von keinem Flüssigkeitssaum umgeben wird.

Die so angefertigten Präparate gibt man in eine überall mit Filtrierpapier ausgekleidete und mit Wasser abgesperrte, feuchte Kammer, die man in einem Warmkasten bei 37° C. ungefähr 12 Stunden stehen läßt. Nach dieser Zeit ist die Keimung sicher eingetreten und bietet das vorhin beschriebene Bild dar.[1] Die beiden Figuren (13 und 14, Taf. II) zeigen aërotropisch reagierende Soorhyphen bei starker Vergrößerung, wobei der Deckglasrand als unscharfer, schwarzer, dicker Strich am unteren Teile der Kreisfläche erscheint, und zwar zeigt Fig. 13 negativen, Fig. 14 positiven Aërotropismus.

Wie man sieht, wachsen in der letzteren Figur sämtliche Hyphen, welche verhältnismäßig (vergl. die andere Figur!) wenig weit vom Deckglasrand entfernt liegen, zu diesem, also zum Sauerstoff hin. Ein solches fast ausschließlich positiv aërotropisches Auskeimen wurde nun stets dann gesehen, wenn der Deckglasrand von einem deutlichen Flüssigkeitssaum umgeben war, den man durch einen etwas größeren Speicheltropfen leicht erzielt. Dieser Saum genügt, um die optimale Sauerstoffabsorptionszone so weit nach außen zu verschieben, daß das gewöhnliche Bild plötzlich verkehrt erscheint, was

[1] Man achte auf möglichste Dünnsaat der Konidien, da bei der außerordentlichen Empfindlichkeit des Pilzes die durch die gegenseitige Konkurrenz bedingten Verhältnisse leicht auch andere Wachstumsrichtungen hervorrufen können.

Digitized by Google

auf ein sehr feines Unterscheidungsvermögen des Pilzes dem Sauerstoff gegenüber hindeutet.

c) Lichteinfluß.

Um zu untersuchen, ob auch das Licht von Einfluß auf die Wachstumsart des Soors sei, wurden Plattenkulturen mit saurer Bierwürzgelatine mit schwarzem Papier zur Hälfte verdunkelt und so an einem Nordfenster dem diffusen Sonnenlicht ausgesetzt. Dem Lichte war die Unterseite der Petrischale zugekehrt, wobei die vom schwarzen Papier verdunkelte Schalenhälfte noch durch einen blanken Spiegel vollständig bedeckt war. Dies geschah deswegen, um dem Einwande zu begegnen, es könne hier das schwarze Papier durch fortwährende und stärkere Absorption des Lichtes die verdunkelte Seite gleichsam wie ein Ofen auch stärker erwärmen, so daß das im Dunkeln festgestellte stärkere oder ausschließliche Hyphenwachstum nicht der Abwesenheit des Lichtes, sondern der Wärme zugeschrieben werden müsse, zumal diese in demselben Sinne wirkt.[1]

Um nun ferner bei diesem Versuch die so wie so in Hefeform wachsenden Oberflächenkolonien auszuschalten, war die Aussaat nach der Erstarrung noch mit ungeimpfter

[1] Ein Ausschalten der Wärmestrahlen aus dem diffusen Lichte durch Wasserschichten oder Alaunplatten entkräftet meiner Ansicht nach nicht den genannten Einwand. Denn das nun kalte Licht würde ja auch von dem schwarzen Papier stärker absorbiert werden, d. h. in Wärme umgewandelt werden, und damit wäre noch immer ein Temperaturunterschied zwischen verdunkelter und belichteter Hälfte gegeben und man müßte trotz Lichtfilter einen Spiegel verwenden. Bei Anwendung eines Spiegels aber ist wohl von vornherein auch ohne Ausschaltung der Wärmestrahlen das Temperaturverhältnis der verdunkelten und belichteten Seite derart, daß, wenn schon ein Unterschied besteht, die durch die Rückstrahlung des Spiegels mehr gegen Wärme und Licht geschützte verdunkelte Schalenhälfte sicher kälter ist als die belichtete Hälfte, welche von der Bierwürzgelatine braun gefärbt ist und daher vermutlich stärker absorbiert. Also kann auf der kälteren Hälfte unter dem Spiegel das starke Hyphenwachstum nicht durch Wärme hervorgebracht werden, sondern es kann seine Ursache nur in der Abwesenheit des Lichtes liegen. Auch ist schließlich zu vermuten, daß diese wohl ganz geringen Temperaturunterschiede kaum einen merklichen Einfluß ausüben würden.

Digitized by Google

Gelatine übergossen worden, so daß nun alle Kolonien ziemlich dieselben Sauerstoffverhältnisse hatten.

Nach 4 bis 5 Tagen ergaben diese Kulturen ein Bild, das kaum deutlicher einen Einfluß des Lichtes auf das Längenwachstum beweisen konnte. Die verdunkelte Hälfte der Platte zeigte Kolonien, die sämtlich mit einem schönen radiären Hyphenkranze (Stockwerke!) umgeben waren, während die belichtete Hälfte nur in Konidien wuchs. Dabei waren beide Hälften scharf voneinander getrennt. Bei ungünstigen Lichtverhältnissen, wie im Winter, erhält man jedoch nicht einen so ausgesprochenen Gegensatz, sondern nur einen Unterschied in dem Längenwachstum der Hyphen, weil das schwächere und kurzwährende Tageslicht nicht im stande zu sein scheint, die Hyphenbildung auf der Belichtungsseite hintanzuhalten. Doch kann man auch hier im Lichte eine reichlichere Konidienbildung bemerken.

Leider mußte dieser Lichtversuch, da im Sommer versäumt worden war, ihn zu photographieren, im Winter unter, wie erwähnt, weit ungünstigeren Verhältnissen wiederholt werden, so daß in dem beigegebenen Bilde (Fig. 15, Taf. II) nur ein Größenunterschied zwischen den im Lichte gewachsenen Kolonien rechts *(b)* und den verdunkelten links *(a)* zu sehen ist. Auch gibt die Photographie die Konidienanreicherung bei den belichteten Kolonien nicht wieder. Eine andere Schwierigkeit für das gute Gelingen dieses Versuches ergab sich weiter aus der ziemlich verschiedenen Fähigkeit der einzelnen Konidiensoorstämme zum Hyphenwachstum. Er gelang am besten mit solchen Stämmen, die eine mittlere Neigung zu fädigem Wachstum zeigten, dagegen weniger gut oder gar nicht mit den ausgesprochensten Konidiensooren. Bei den Stämmen, die dem Hyphensoor näher stehen, sowie bei diesem selbst kann man stets nur einen Größenunterschied der Hyphenkolonien wahrnehmen.

Ebenso wie sich die verschiedenen Soorstämme in der Fähigkeit, Hyphen zu bilden, unterschieden, zeigten auch die einzelnen Konidien ein und desselben Stammes hie und da eine Variation in dieser Richtung. Und so kam es, daß man oft auch auf der belichteten Schalenhälfte Hyphenkolonien unter

Digitized by Google

den herrschenden Konidienkolonien bemerkte, meist nur vereinzelt, doch auch manchmal in größerer Zahl. Auf diese verschiedene individuelle Fähigkeit der Konidien zur Fadenbildung machen schon Roux und Linossier aufmerksam.

Auch scheinen mir Konidiensoorstämme, die lange in hyphengünstigen Nährmedien gezogen wurden, reicher an solchen weniger beeinflußbaren Konidien zu sein, wodurch ein solcher Lichtversuch undeutlich ausfällt. Experimente in dieser Hinsicht wären jedoch noch anzustellen. Hervorgehoben sei weiters, daß sich nicht alle Nährmedien gleich gut zu diesen Versuchen eignen. Bierwürzgelatine ist hier am besten.

Aus diesen Versuchen mit einseitiger Belichtung der Plattenkulturen ergibt sich also, daß beim Soorpilz schon diffuses Tageslicht bei längerer Einwirkung eine Hemmung der Hyphenbildung hervorruft, wobei aber die Größe der Hemmung von der Neigung des Pilzes zum Hyphenwachstum abhängt.

Ähnliche Einflüsse des Lichtes auf andere Pilze sind eine bekannte Tatsache und es läßt sich diese spezielle Erscheinung am Soor mit ihnen in Einklang bringen. Erwähnenswert dürfte hier die Beobachtung von Elfving[1] an *Eurotium herbariorum* sein, dessen Konidien nach einer gewissen mittleren Intensität des Sonnenlichtes dauernd Hefeformen entwickelten.

Im allgemeinen wird bei vielen Fadenpilzen das Längenwachstum durch Beleuchtung verzögert, z. B. bei den Fruchtträgern von *Phycomyces niteus*.[2] Der Soor gehorcht demselben Gesetz, indem auch hier eine Verkürzung der Länge eintritt; unter günstigen Verhältnissen bis zur Konidie.

Neben dieser speziellen Wirkung des Lichtes auf das Längenwachstum beobachtet man auch eine allgemeine Hemmung des Wachstums: Kulturen vom Konidiensoor, die ich dem direkten Sonnenlicht längere Zeit ausgesetzt hatte, gingen

---

[1] Elfving, zitiert nach Lafar, Handbuch der techn. Mykologie, 5. Lieferung, p. 545, § 98, Einfluß des Lichtes. — Elfving, Studien über die Einwirkung des Lichtes auf die Pilze (Helsingfors, Zentraldruckerei, 1890).

[2] Vines, Arbeit des bot. Inst. zu Würzburg, 1878, Bd. 2, p. 137 (zitiert nach Lafar). Über den Einfluß des Lichtes auf Pilze vergl. auch Lafar, Techn. Mykologie, 5. Lieferung, § 98, p. 454.

Digitized by Google

zu Grunde. Eine Wirkung des Lichtes auf die Dauersporenbildung konnte ich nicht feststellen.

d) Einfluß der Temperatur.

Es war zu erwarten und ist auch schon von den einzelnen Autoren hervorgehoben worden, daß die Temperatur neben ihrem Einfluß auf das Wachstum überhaupt auch die Hyphenbildung beeinflussen werde. Jedoch zeigt sich ein solcher Einfluß der Temperatur innerhalb der in Betracht kommenden Grenzen nur beim Konidien-, nicht beim Hyphensoor. Die untere Temperaturgrenze der Hyphenbildung liegt, wenn man vom Einfluß der anderen hyphenbildenden Faktoren absehen darf, ungefähr um 20° C. herum, wozu aber bemerkt sei, daß sich die einzelnen von mir gezogenen Konidiensoorstämme sehr verschieden um dieses Minimum gruppieren, was mit dem beobachteten allmählichen Übergange des Konidiensoors in den Hyphensoor im Zusammenhange steht.

Zum Schlusse dieses Kapitels sei darauf aufmerksam gemacht, daß die äußeren natürlichen Faktoren zusammenwirken müssen und daß das jeweilige Formergebnis des Pilzes gewissermaßen eine Resultierende dieser vier Faktoren darstellt. Jedem einzelnen kommt nur eine Teilwirkung zu, die freilich bei geeigneten Bedingungen fast als ausschließlich wirksam erscheinen kann.

VI. Zahl der Soore.

Bevor ich an die Beschreibung des Soorpilzes gehe, will ich das zusammenfassen, was sich aus meinen Beobachtungen für die Entscheidung der Frage, ob ein oder mehrere Soore zu unterscheiden sind, ergibt.

Die von mir untersuchten Soorstämme gruppieren sich um zwei voneinander leicht unterscheidbare Typen. Den einen Typus charakterisiert das überaus reichliche Konidienwachstum, dem ein Zurücktreten des Hyphenwachstums entspricht, den anderen Typus zeichnet wieder das Vorherrschen des Hyphenwachstums aus, wobei die Konidien ganz zurücktreten können, dafür aber die Fähigkeit, Dauersporen zu bilden,

Digitized by Google

auftritt. Diese beiden Typen stellen gewissermaßen Endglieder einer einheitlichen Reihe dar, die durch Zwischenstufen verbunden sind. Diejenigen Soorstämme, welche sich um den konidienreichen Typus gruppierten, faßte ich als eine selbständige Varietät, den Konidiensoor, zusammen, während die Soorstämme, die sich um den Hyphentypus scharen, als Hyphensoor eine zweite Varietät darstellen. Das gemeinsame morphologische Merkmal für beide ist der charakteristische Stockwerkbau (vergl. Fig. 7, Tafel I). Die Unterschiede in ihrer Morphologie werden aber nur durch die mehr oder weniger große Neigung zum Hyphenwachstum, der die Fähigkeit, Dauersporen zu bilden, parallel geht, hervorgerufen. Daher kann man diese beiden Varietäten des Soors mehr als physiologische auffassen und sie so mit den in neuerer Zeit aufgestellten Rassen der Hefe in Vergleich setzen (vergl. die Diagnose beider Varietäten in Abschnitt X).

Die Konidiensoore scheinen nach meinen Befunden häufiger zu sein als die Hyphensoore, denn unter den aus dem deutschen Kinderspitale in Prag stammenden Sooren fand ich nur einmal den Hyphensoor; den anderen Hyphensoorstamm, der noch zur Untersuchung gelangte, hatte ich als *Oidium albicans liquefaciens* Fischer, Brebeck aus dem Kral'schen Institut in Prag bezogen.

Ich war oft versucht zu glauben, daß diese beiden unterschiedenen Varietäten sich nach Wunsch ineinander überführen lassen könnten, und ich sehe mich gezwungen, hier noch jene Tatsachen anzuführen, welche diese Meinung zu stützen scheinen.

So steigerte sich beim Hyphensoor aus dem Kral'schen Institute die Neigung zum Hyphenwachstum in meinen Kulturmedien (besonders Molisch's Pilznährlösung + 1% Pepton und Agar) nach $1^1/_2$jähriger Zucht in dem Grade, daß er sich von einer späteren bezogenen Sendung desselben Pilzes deutlich durch sein gesteigertes Hyphenwachstum und reichlichere Dauersporenbildung unterschied. Der Unterschied war besonders auf der erwähnten Asparagingelatine[1] deutlich zu

[1] Molisch's Pilznährlösung + 1% Asparagin.

Digitized by Google

sehen, wo die jüngere Sendung neben Dauersporen reichlich Konidien abschnürte, eine Erscheinung, die an der älteren Sendung nicht mehr bemerkt wird. Auch die Beschreibung desselben Soors von Fischer und Brebeck weist auf ein stärkeres Hyphenwachstum hin.

Ferner zeigte ein Soorstamm, der aus dem Munde eines gesunden Menschen stammte und anfangs als ziemlich typischer Konidiensoor wuchs, wenn er auch schon eine größere Neigung zum Hyphenwachstum aufwies, auf dem gleichen Agar eine Umwandlung in demselben Sinne und zwar so weit, daß man manche seiner Kolonien von einem typischen Hyphensoor nicht mehr unterscheiden konnte. Er stellt sich jetzt nach kurzer Zeit der Kultur als ein Mittelding zwischen den beiden genannten Typen dar, neigt aber fast mehr zum Hyphensoor infolge seiner Dauersporenbildung. Da ich auch alte, wenig auf jenem Agar überimpfte Kulturen desselben Soorstammes aufbewahrt hielt, hatte ich nun anscheinend beide Varietäten aus einem einzigen Stamme herausgezüchtet.

In beiden Fällen fand also eine Steigerung der Neigung zum Hyphenwachstum bei längerer Kultur statt und es könnte berechtigt erscheinen, auch bei den typischesten Konidiensooren eine solche Steigerung im Laufe der Zeit zu erwarten und anzunehmen, der Soorpilz könnte je nach äußeren und inneren Ursachen bald im Konidien-, bald im Hyphensoorstadium längere Zeit verharren und es gäbe daher keine Varietäten.

Da aber während der Zeit meiner Untersuchungen die Konidiensoore mit Ausnahme des erwähnten sich konstant erhielten, obwohl doch dieselben äußeren Bedingungen auf sie einwirkten, und zwar eben so lang und noch länger, so kann man mit mehr Recht auf eine innere physiologische Verschiedenheit schließen und es ist daher wohl besser, das, was wirklich getrennt erscheint, auch zu trennen und den Soor in zwei Varietäten zu spalten. Der umgewandelte Konidiensoor stellt dann das Bindeglied zwischen den beiden Soorvarietäten dar und zeichnet sich durch eine größere Fähigkeit, nach beiden Endgliedern der Reihe hin in seiner Wachstumsart zu variieren, aus, während sich bei den aufgestellten Varietäten die eine oder die andere Art des Wachstums festigte.

Digitized by Google

Die Art *Dematium albicans* Laurent (= *Oidium albicans* Robin.) erscheint somit als eine Formenreihe, die nach zwei Endpunkten verschieden variiert und deren Endglieder gut unterscheidbare Varietäten darstellen (siehe diese Seite unten).

Der Vollständigkeit halber sei noch folgendes angeschlossen: Da ich bei diesem Soorstamme Dauersporen und Konidien nebeneinander leicht bekam, machte ich den Versuch, ob nicht vielleicht die Nachkommenschaft einer Dauerspore sich anders verhielte als diejenige einer Konidie, und zwar in dem Sinne, daß man bei Impfung einer Dauerspore den Hyphensoor, bei Impfung einer Konidie den Konidiensoor erhält und also auf diese Weise beide Varietäten aus einem Stamme plötzlich scharf geschieden hätte. Meine Versuche aber ergaben gar keine scharfe Grenze zwischen beiden Aussaaten. Die Dauersporenaussaat zeigte wohl das typische Aussehen des Hyphensoors, die Konidienaussaat jedoch wies neben Konidiensoorkulturen auch in großer Menge Hyphensoorkulturen auf, obwohl mit großer Peinlichkeit für die Abwesenheit jeder Dauerspore gesorgt worden war. Der Versuch beweist, glaube ich, eine allmähliche langsame Umwandlung dieses Stammes, wobei die Zwischenstufen noch nicht ausgetilgt sind, und man darf daher die Konidie und die Dauerspore nicht als Ausgangspunkte von gewissermaßen zwei verschiedenen Generationen betrachten.

VII. Beschreibung der Soorvarietäten.

a) Dematium albicans Laurent, var. mutabilis Hiekel. Der Konidiensoor.

Morphologie. Der Pilz zeigt das am Anfange beschriebene Stockwerkwachstum sehr deutlich und fast in jedem Nährmedium, wo für ihn Hyphenbildung möglich ist (Fig. 2, 3 und 7, Taf. I). Dauersporen wurden nur in einigen wenigen Fällen und dann meist nicht von der typischen Ausbildung angetroffen wie beim Hyphensoor. Man muß entweder annehmen, daß die zur Bildung der Dauerformen notwendigen Bedingungen nicht so leicht auf künstlichem Wege hergestellt werden können, oder daß der Pilz durch reichliche Konidienabsonderung die Fähigkeit der Dauersporenbildung verloren habe, zumal ja die biologische Wirkung der Konidien diejenige der Dauersporen vollkommen ersetzen kann. Es sei bemerkt, daß es auch nicht gelingt, Dauersporen auf

Digitized by Google

Asparagingelatine zu erhalten, die den Hyphensoor zu reichlicher Bildung veranlaßt.

Größenverhältnisse. Als ungefähre Zahlen ergeben sich bei Kultur in Molisch's Pilznährlösung mit 3 % Saccharose und $^1/_4$% Pepton:

Konidiengröße ..... 3 bis 6 μ,
Hyphendicke ..... 3 μ,
Länge der Hyphenglieder....30 μ.

Oft sind die Hyphenglieder ampullenartig aufgetrieben und dann natürlich dicker. Nach verschiedenen Ernährungsverhältnissen sind diese Zahlen sehr variabel, besonders diejenige der Hyphenlänge.

Aussehen auf verschiedenen Nährmedien.

Bierwürzgelatine.

a) Der Strich. Hefeartige erhöhte Auflage, entstanden aus zusammengeschobenen Oberflächenkulturen. Farbe: weiß mit gelblichem Stich, etwas feuchtglänzend.

b) Plattenkulturen. Nach drei Tagen Kolonien von 1 *mm* Durchmesser. Diese haben einen glatten Rand, wenn sie oberflächlich liegen, und sehen aus wie halbkugelig erhöhte Hefekolonien. Farbe: wie oben beim Strich. Die submersen Kolonien sind entweder von einem stockwerkartigen Strahlenkranze umgeben oder hefeartig wie die Oberflächenkulturen, was sich zumeist nach dem Einflusse der äußeren Faktoren richtet und nach der Neigung des betreffenden Konidiensoors zur Hyphenbildung (vergl. Fig. 1, 2, 3, Taf. I). Häufig ist die Gelatine, indem Verflüssigung beginnt, etwas eingezogen. Hefezellen sind am Rande bei schwacher Vergrößerung schwer zu unterscheiden.

c) Stichkulturen. Ein Nagelkopf, der einer großen Oberflächenkultur entspricht. Der Stichkanal ist meist hefeartig, doch kann er auch radiäre, infolge Konidienabschnürung meist dickere Ausstrahlungen zeigen (Fig. 6, Taf. I, und zwar die beiden Stiche rechts).

Molisch's Pilznährlösung mit 2 % Agar, $^1/_2$% Pepton.

a) Strichkulturen. Weite, glänzende und breiig aussehende Konidienauflage, die meist nie in die Tiefe Hyphen entsendet.

b) Plattenkulturen (sind wegen schnellen Austrocknens nicht sehr günstig). Die Kolonien meist nur in Hefeform.

c) Stichkulturen. Bei 37° C. (auch darunter!) sehr charakteristisch und zum großen Teile schon im Kapitel über Sauerstoffeinfluß beschrieben. Häufig gleicht der Stichkanal einer Pfahlwurzel mit mehr oder weniger dicken Seitenwurzeln. Die dickeren Stränge, welche die meist flaumigen Hyphenausstrahlungen besonders gegen den Nagelkopf hin durchsetzen (Fig. 11, Taf. II), entstehen durch reichlichere Konidienabschnürung gewisser Hyphen.

Kartoffelabschnitte (alkalisch): Dicke hefeförmige Auflagerungen.

Molke. Wolkige Hyphenfetzen und wenig Konidien.

Digitized by Google

Molisch's Pilznährlösung + $^1/_4$% Pepton: Wolkige Hyphenfetzen und Konidien. Das verschiedene Wachstum bei Zuckerzusatz ersieht man aus der Tabelle p. 169.

Keimung der Konidien. Bringt man Konidien in Speichel oder in andere zur Hyphenbildung geeignete Flüssigkeiten unter Deckglas auf einen Objektträger, so wachsen sie am Rande, wo genug Sauerstoff vorhanden ist, an ein oder zwei Stellen zu einem Hyphenfaden aus (Fig. 13 und 14, Taf. II). Diese doch nur als Keimung anzusehende Erscheinung unterstützt wohl neben der ganzen Morphologie des Pilzes (Stockwerke!) die Auffassung der Soorhefezellen als Exosporen, also als echte Konidien und entkräftet die Anschauung von Roux und Linossier, welche die Hefeform des Soors als Mycelform und Hauptwuchsart betrachteten.

Temperaturgrenzen. Die geeignetste Temperatur, wo das schnellste Wachstum erfolgt, liegt um 37° C. herum. Doch gedeiht der Pilz auch bei Zimmertemperatur, dann aber meist in der ausschließlichen Konidienform, die eine Wuchsform unter ungünstigen Bedingungen überhaupt darstellt. (Mucor!)

Chemische Leistungen.

a) Gärung. Der Pilz vergärt nach meinen Befunden die Monosen: *d*-Glukose, *l*-Glukose, Galaktose und Fruktose, von den Biosen nur die Maltose, während Milch- und Rohrzucker nicht vergoren wurden, ebenso nicht die Polyosen: Glykogen und Dextrin. Diese Ergebnisse, die auf Grund der Gärungskölbchenmethode gewonnen wurden, stimmen mit den früheren Untersuchungen überein und wurden in der bekannten Peptonnährlösung ausgeführt. Eine allgemeine Ansicht, gegen die sich Wehmer[1] wendet und die darin besteht, daß man Hefeform und Gärfähigkeit zueinander in Beziehung bringt, möchte ich hier nur streifen. Ich beobachtete nämlich durchwegs, daß der hefeänliche Konidiensoor stets früher und intensiver mit der Gärung einsetzte als der Hyphensoor, der meist auch quantitativ weniger CO_2 erzeugte. Es könnte dies wirklich eine Beziehung der Pilzform zur Gärfähigkeit wahrscheinlich machen, womit aber natürlich nicht behauptet werden soll, daß Hyphen nicht gären. Denn ich kann ja Wehmer's Beobachtung, daß auch Hyphen gärfähig sind, bestätigen, wenn ich nicht die beim Hyphensoor äußerst vereinzelt vorkommenden Konidien als Ursache der Gärleistung allein ansehen will. In dieselben Erwägungen schlägt folgendes Ergebnis: der Konidiensoor wächst nämlich in der Biose,[2] die er gleichzeitig vergären kann, in Konidien, in den beiden anderen untersuchten Biosen in Hyphen. Nach all diesem hat es den Anschein, als ob doch ein gradueller Unterschied in der Gärtüchtigkeit der Hyphen- und der Hefenform zu bemerken sei.

---

[1] C. Wehmer, Über Kugelhefe und Gärung bei *Mukor javanicus*. Referat, original, Zentralbl. für Bakt. u. Par., Abt. II, Bd. XIII (1904), p. 277. — Referat, Botan. Zentralbl., Bd. XCVIII (1905), p. 124.

[2] Maltose zu 10%. In schwächeren Konzentrationen dieses Zuckers ist noch Hyphenbildung möglich. Siehe Tabelle p. 169.

Digitized by Google

Zur Entscheidung wären eingehendere Versuche nötig, wozu sich vielleicht der Soor besonders eignete.

b) Säureabsonderung. Nimmt man eine alkalische Peptonnährlösung und untersucht dieselbe nach einiger Zeit auf ihre Reaktion, so zeigt sich, daß sie durch die Pilzvegetation sauer geworden ist.

c) Verflüssigung der Gelatine. Übereinstimmend mit Fischer und Brebeck wird Gelatine mit den gebräuchlichsten Nährsubstraten gewöhnlich nicht verflüssigt, während bei Bierwürzgelatine nach längerer Zeit eine Verflüssigung eintritt. Ein Unterschied in dieser Beziehung zwischen beiden Soorvarietäten konnte nicht bemerkt werden, obwohl Fischer und Brebeck die Verflüssigung der Bierwürzgelatine als Diagnostikum zur Unterscheidung ihrer beiden Soore angeben.

Anmerkung. Bei zwei Soorstämmen aus dem Kinderspitale wurde stets eine ganz besonders große Neigung zum Konidienwachstum fast in allen Nährmedien beobachtet, die auch nach einjähriger Kultur beibehalten wurde, so daß diese beiden Stämme das unterste Endglied der Reihe darstellen. Im Agar- und Bierwürzgelatinestich gab sich das schwache Hyphenwachstum am besten zu erkennen (Fig. 6 *c*, Taf. I). Durch die Abimpfung dieser beiden Soorstämme wurde ich sofort an den von Heubner beschriebenen Fall einer Soorallgemeinerkrankung erinnert. Diese wurde durch einen Soor hervorgerufen, der sich ebenfalls durch fast ausschließliches Konidienwachstum auszeichnete. Man könnte eine Identität des Heubner'schen Soorstammes mit diesen beiden vermuten.

b) Dematium albicans Laurent var., filiformis Hiekel. Der Hyphensoor.

Morphologie. Dieser Soor zeigt nur unter gewissen Bedingungen stockwerkartigen Aufbau, da gewöhnlich in allen Kulturverhältnissen das Hyphenwachstum bevorzugt wird. Das Konidienwachstum tritt ganz und gar zurück. In den Kulturen mit $(NH_4)_2SO_4$ und den wechselnden Zuckerarten, die zur Prüfung des bekannten Gesetzes dienten, wuchs dieser Soor schlecht und zeigte unter dem Mikroskop Konidienabschnürung in Stockwerken. Aus dem Bevorzugen des Hyphenwachstums (vergl. den äußersten Hyphenast rechts der Fig. 7, Taf. I) folgt nun ein ganz anderes Aussehen der Kulturen, so daß sogleich zu erkennen ist, welcher Soor vorliegt (Fig. 4, 5 und 6 *a*).

Größenverhältnisse. Dieselben wie beim Konidiensoor. Jedoch macht das Mycel einen festeren und mehr starren und steifen Eindruck. Dauersporen rund dreimal größer als die Konidien. Hyphenglieder meist länger und seltener ampullenartig aufgetrieben.

Aussehen auf verschiedenen Nährmedien.

Bierwürzgelatine.

a) Der Strich. Zusammengesetzt aus an- und ineinandergerückten, halbkugelig erhöhten Oberflächenkolonien, die mit kurzen radialen Hyphenzöpfen

Digitized by Google

(Emergenzen) stachelartig besetzt sind oder häufig auch nur faltig und wulstig erscheinen. Farbe weiß mit gelblichem Stich und matt.

b) Plattenkulturen. Nach 3 Tagen Kolonien von 1 bis 1·5 *mm* Durchmesser. Oberflächliche Kolonien: Halbkugelig erhöht mit Hyphenzöpfen, die radial in die Luft ragen, stachelartig besetzt (Fig. 5, Taf. I) oder nur faltig und wulstig; ganz aus Hyphen bestehend. Submerse Kolonien: Um einen dichten Kern ist ringsherum ein Hof von anfangs kurzen, dicken (Roux und Linossier), dann langen und dünnen Hyphen gebildet (Fig. 4, Taf. I). Farbe wie beim Strich. Bei schwacher Vergrößerung sieht man keine Stockwerke.

c) Stichkulturen. Ein Nagelkopf, der einer großen Oberflächenkultur entspricht. Der Stichkanal zeigt ringsherum radiär und wirr verlaufende Hyphen, deren Länge von oben nach unten abnimmt. Da Konidienabschnürung fehlt, ist der Stich sehr flaumiger Natur (vergl. die erste Stichkultur von links der Fig. 6, Taf. I).

Molisch's Pilznährlösung mit 2% Agar, ½% Pepton.

a) Strichkulturen. Erhöhte, reich gefältelte, glänzende oder matte Auflagerung, die aus Hyphen besteht.

b) Plattenkulturen. Erhöhte gefältelte Auflagerungen, die sich ganz abheben lassen. Untergetaucht sahen die Kulturen wie strahlige Hyphenkugeln aus.

c) Stichkulturen zeigen (auch bei gewöhnlicher Temperatur) den schon beschriebenen charakteristischen Stichkanal, nur nicht so schön und von stets flaumigerer Natur. Nagelkopf wie eine große Oberflächenkultur. Bei alten Kulturen im Stich reichlich Dauersporenbildung. Konidien fehlen, daher auch die dickeren radiären Stränge. Bei dem erwähnten Soorstamme, der eine Mittelstellung zwischen beiden Varietäten darstellt, sieht man an einem Stichlängsschnitt schon bei schwacher Vergrößerung knapp unter dem aus Konidien bestehenden Nagelkopf an den Hyphen eine reichliche Konidienabschnürung, während die tiefer gelegenen konidienlosen Hyphen reichlich Dauersporen tragen. Die obere Konidien- und die darunter liegende Dauersporenzone gehen ohne scharfe Grenze ineinander über.

Kartoffelschnitte (alkalisch). Wulstige, dicke und gefaltete Auflagerungen, die ganz aus Hyphen bestehen.

Molke. Wolkig aussehende Hyphenkugeln.

Molisch's Pilznährlösung + ¼% Pepton. Sphäritartige Hyphenkugeln, bis zu ½ *cm* groß. Ebenso bei Zusatz der verschiedenen Zucker. Wolkige Hyphenfetzen werden ebenfalls beobachtet neben den so häufigen Hyphenkugeln (Tabelle p. 169). Charakteristisch für diesen Soor ist die Leichtigkeit, mit der er Dauersporen bildet.

Entstehungsbedingungen der Dauersporen.

Die Dauersporen werden im allgemeinen bei Nahrungsmangel gebildet, und zwar kann man die Bildung regelmäßig bei alten eingetrockneten Kulturen

Digitized by Google

beobachten. Um sie aber schnell und reichlich zu erhalten, eignet sich am besten eine Gelatine, die die gewöhnliche Zusammensetzung der Molisch'schen Pilznährlösung hat, aber als Stickstoff- und Kohlenstoffquelle noch 1% Asparagin enthält. Ein Zusatz von Zucker verzögert die Dauersporenbildung, weil dadurch wohl die Nahrungsverhältnisse verbessert werden. In der erwähnten Asparagingelatine bilden sich die Dauersporen unter zweierlei Umständen: 1. bei dünn gesäten Kolonien nach längerer Zeit, wenn die Kolonien schon eine ziemliche Größe erreicht haben und die Austrocknung wirken mag, und 2. bei sehr dicht gesäten Kolonien gleich am folgenden Tage. Die Dauersporen hängen dann an sehr kurzen, kaum merklich gewachsenen Hyphen. Auf welche Weise sich die einzelnen Kolonien in dem noch ganz frischen Nährmedium durch ihr nahes Beieinandersein beeinflussen, ist nicht recht klar. Man ist geneigt, an Ausscheidungen zu denken oder aber auch an durch Atmung bewirkten Sauerstoffmangel. Wird an einem Hyphenfaden oder dessen Seitenzweig eine Dauerspore gebildet, so sieht man das Ende kolbig anschwellen, wobei gleichzeitig eine Anreicherung von Zellinhaltsstoffen in der Nähe der Anschwellung erfolgt. Allmählich wird die Anschwellung größer, schnürt sich ab und verstärkt ihre Zellhaut, die dadurch sehr stark lichtbrechend wird. Im Innern dieser von der auffallend dicken Zellmembran umgebenen Kugel hat sich mehr oder weniger Reservestoff in Gestalt von ebenfalls stark lichtbrechenden Körnchen abgelagert. Schon bei schwacher Vergrößerung ist daher ein mit Dauersporen behangenes Mycel auf den ersten Blick zu erkennen. Bei starker Vergrößerung sieht man auch oft in der Dauerspore eine Vakuole entwickelt, um die man die Reservestoffkörnchen scheinbar kreisförmig gelagert sieht. Besaß der Hyphenfaden genug Reservestoffe, so wird oft hinter der äußersten und ältesten Dauerspore eine zweite jüngere gebildet oder es verdickt sich wenigstens hinter der Dauerspore ein Stück des Fadens und speichert in diesem Teile ebenfalls Reservestoffe an (Fig. 8 und 9, Taf. I).

Diese Erscheinung deutet wohl darauf hin, daß wir es hier mit echten Chlamydosporen zu tun haben, wie schon Roux und Linossier behaupteten, und daß also die Dauersporen morphologisch nicht mit verdickten Konidien zu identifizieren seien, wenigstens nicht bei diesem Soor, sondern es sind offenbar umgewandelte Hyphenteile, nur mit dem Unterschiede, daß nur die Hyphenenden diese Umwandlungsfähigkeit besitzen, nicht der ganze Faden. An den Konidiensooren aber bemerkt man wirklich manchmal Dauersporen, die nichts anderes als umgewandelte Konidien darzustellen scheinen und mit der von Kehrer[1] beschriebenen Bildungsweise übereinstimmen. Sind die Dauersporenkulturen schon alt, so verschmelzen oft bei vielen die Reservestoffkörnchen zu einer einzigen stark lichtbrechenden zentralen Kugel. Roux und Linossier beschrieben dieses Stadium als ein Stadium der Reife. Eine eigentliche Auskeimung gelang ihnen jedoch damit nicht. Da ich Dauersporen solcher Gestalt nie auskeimen sah, halte ich sie jedoch für tot.

Die dicke Dauersporenmembran widersteht konzentrierter Schwefelsäure, in der die übrigen Hyphenteile verschwinden, und es zeigt sich nach solcher

[1] Kehrer, Der Soorpilz. Bot. Zentralbl., 1883, XIV.

Digitized by Google

Behandlung in den Dauersporen, schon makroskopisch erkennbar, eine schöne rosenrote Färbung, die Raspail'sche Eiweißreaktion. Da Zucker anwesend sein muß, geht diese Reaktion sehr gut mit Dauersporen, die sich auf einer zuckerhaltigen Asparagingelatine gebildet haben. Durch Osmiumsäure habe ich im Gegensatz zu Roux und Linossier eine deutliche Braunfärbung erlangt. Mit der Natur der Zellinhaltsstoffe haben sich die beiden Forscher genauer beschäftigt.

Keimung. Bringt man nun Dauersporen in Speichel auf den Objektträger und bedeckt mit dem Deckglas, so bemerkt man nach ungefähr 12 Stunden eine Keimung der Dauersporen an einer oder an mehreren Stellen (Fig. 10, Taf. I). Die günstigste Temperatur ist 37° C. Wenn die ausgekeimten Hyphen größer geworden sind, erscheint die Dauerspore als leere Zelle und nur ihre dicke Haut verrät, daß sie eine Dauerspore gewesen ist. Die aus der Spore hervorgewachsenen Hyphen verzweigen sich rasch und bleiben im festen Verbande mit der Mutterdauerspore. Auch in Bouillon erfolgt die Keimung. Eine Asparagin-Dauersporenkultur war, um ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Winterkälte zu erproben, in der Weihnachtszeit 3 Wochen im Freien verblieben, wo sie eine tiefste Temperatur von —20° C. auszuhalten hatte. Wieder in das Zimmer in die Nähe des Ofens gebracht, keimten nun fast alle Dauersporen aus, weil die Gelatine sich (beim Ofen) halb verflüssigt hatte und so die Keimung ermöglichte. An den ziemlich langen Hyphen, die aus den Dauersporen hervorgesproßt waren, bildeten sich jedoch wieder neue Dauersporen. Die in Asparagingelatine gebildeten Dauersporen trennen sich ziemlich leicht von ihren Hyphen ab, was man durch Verschieben des Deckglases erreichen kann. Dauersporen anderer Herkunft haften oft sehr fest. Die leichte Lostrennbarkeit der Sporen halte ich für ein Zeichen der Reife und vollständigen Ausbildung. Dies wird durch die Beobachtung bestätigt, daß bei manchen Keimungsversuchen keine einzige der Dauersporen keimte, wohl aber das sie tragende Mycel auf Kosten der Dauersporen weiter wuchs. Die Dauersporen wurden ärmer an Reservestoffen und verschwanden. Nach Roux und Linossier tritt dasselbe ein oder sie bleiben erhalten. Die Verfasser scheinen tote oder unreife Dauersporen gehabt zu haben.

Eigentümlich ist, daß Dauersporen, die längere Zeit der Winterkälte ausgesetzt worden waren, stets am besten und reichlichsten auskeimten. Versuche bezüglich einer Ruheperiode u. s. w. konnten leider nicht mehr gemacht werden.

Temperaturgrenze. Vergl. den Konidiensoor. Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit der Fortpflanzungszellen und Mycelfäden sind noch festzustellen.

Chemische Leistungen.

a) Gärung. In qualitativer Beziehung wie beim Konidiensoor, jedoch scheint die Gärkraft eine geringere zu sein.

b) Gelatineverflüssigung. Wie der vorhergehende Soor. Jedoch beobachtete ich auch eine Verflüssigung der Asparagingelatine, aber nur bei Kulturen, die Konidien abschnürten, nicht bei Dauersporenkulturen, die im Zustande

Digitized by Google

latenten Lebens zu sein schienen und daher keine chemische Tätigkeit zeigten.

c) Säureabsonderung wie der vorige.[1]

VIII. Über das Vorkommen des Soors in der Natur.

Da der Soor auf den verschiedensten Substanzen ganz gut gedeiht, liegt die Vermutung nahe, daß derselbe in der Natur irgendwo gewöhnlich vorkommt und gelegentlich durch Übertragung auf den Menschen gelangt. Die Herkunft des Soores zu ergründen und die Art und Weise der Übertragung aufzudecken, hat schon Rees[2] als wertvolle Aufgabe hingestellt. Nach Grawitz,[3] der auf Magdeburger Sauerkohl den Soorpilz gefunden haben will und auch durch das Tierexperiment am Hunde mit diesem Pilze Soor hervorrufen konnte, wäre eigentlich diese Aufgabe gelöst. Grawitz's Angabe in der Literatur scheint aber in Vergessenheit geraten zu sein, da nirgends mehr ihrer Erwähnung geschieht. Ich habe nun auch käuflichen Sauerkohl untersucht, jedoch ohne Resultat. Auch Versuche mit den verschiedensten Obstsorten und menschlichen Nahrungsmitteln[4] schlugen fehl, obwohl ich sie öfter wiederholte. Als ich dagegen auf den Gedanken kam, den Soor im Munde gesunder Menschen zu suchen, besonders bei Personen weiblichen Geschlechtes, da erfüllten sich meine Erwartungen.

Ich fand nämlich dreimal einen Pilz, der sich morphologisch genau so verhält wie der Soorpilz, auch dieselbe Variabilität und Agarstichform zeigt wie der Konidiensoor. Er müßte ohneweiters mit diesem identifiziert werden, wenn der Tierversuch, den ich leider nicht anstellen konnte, ein

---

[1] Anmerkung. Diese hier gegebene Beschreibung entspricht dem aus dem Kral'schen Institut in Prag bezogenen, verflüsssigenden Soor Fischer und Brebeck und paßt auch auf einen aus dem deutschen Kinderspital stammenden Soor, jedoch mit dem Unterschiede, daß ich von letzterem fast nie Dauersporen erhielt, auch auf Asparagingelatine nicht.

[2] L. c., p. 163.

[3] P. Grawitz, Bot. Zeitg., 1878, p. 410.

[4] Zur Untersuchung gelangten: Wein, Kirschen, Äpfel, Mispeln, Mehl, Brot, Milch, Bier, Sauerkraut, Gurkenwasser.

Digitized by Google

positives Ergebnis lieferte. Während meiner Speicheluntersuchungen wurde ich auch durch die freundliche Mitteilung eines mir bekannten Arztes[1] bestärkt, der mir sagte, daß Kinder fast regelmäßig Soor bekämen, wenn die Mütter dem Kinde die »Nutschel« mit eigenem Speichel anfeuchten. Nach den Ergebnissen der Speicheluntersuchungen und den Beobachtungen des praktischen Arztes könnte man vermuten, daß der Soor, wenn schon kein ständiger Bewohner des Mundes, so doch ziemlich häufig unter den Mundorganismen zu finden sei.

Bemerkt muß noch werden, daß die drei soorgleichen Pilze von weiblichen Personen stammen.

Mit diesen Ergebnissen der Speicheluntersuchungen ist aber die Frage nach der Herkunft des Soores noch immer nicht gelöst; denn es bleibt noch immer zu beantworten: Von wo aus kommt der Pilz in den menschlichen Mund?

IX. Verwandtschaft.

Die Stellung des Soorpilzes im System ist bekanntlich noch immer nicht sicher. Von Robin rührt die Stellung des Pilzes zur Gattung *Oidium* her. Andere Autoren wie Grawitz[2] und Plaut[3] hielten den Soor für identisch mit anderen Pilzen, Grawitz mit *Mycoderma vini*, Plaut mit *Monilia candida* Bonorden. Beide Forscher weisen auf die Bestätigung ihrer Ansicht durch das Tierexperiment hin. Eine Mitteilung von O. von Herff[4] über Scheidenmykosen aber, wonach der Autor bei solchen Krankheitsfällen viermal *Monilia candida*, 16 mal den Soor und einmal *Leptothrix vaginalis* antraf, beweist, daß *Monilia candida* eine ähnliche Wucherung auf den Schleimhäuten hervorrufen kann wie der Soor, ohne mit ihm identisch

---

[1] Herrn Dr. Dobisch in Auscha sage ich hiemit meinen besten Dank.

[2] L. c., p. 190.

[3] C. H. Plaut, Neue Beiträge zur systematischen Stellung des Soorpilzes in der Botanik. Leipzig, H. Voigt, 1887. Referat: Zentralbl. für Bakt. u. Par., I, p. 527.

[4] Otto v. Herff, Über Scheidenmykosen *(Colpitis mykotica acuta)*. Zentralbl. für Bakt. u. Par., XVIII, p. 751. Sammlung klin. Vorträge, 1895, Nr. 137.

Digitized by Google

zu sein.[1] Vielleicht können dies unter Umständen auch sonst ganz harmlose Pilze und bei Berücksichtigung des Tierexperimentes von Grawitz auch Mykodermaarten. Roux und Linossier stellten den Pilz zu Mucor und Fischer und Brebeck zu den Saccharomyceten, da sie den Hefeendosporen ähnliche Gebilde auf Molke beobachtet haben wollten. Die Bestätigung dieser Auffassung durch Auskeimenlassen liegt aber nicht vor. Auch sprechen sich alle anderen Autoren gegen das Vorkommen von Endosporen aus. Meine dahinabzielenden Versuche fielen ebenfalls negativ aus.

Wenn ich mich aber bezüglich der verwandtschaftlichen Beziehungen des Soors entscheiden soll, möchte ich mich am liebsten der Ansicht Laurent's[2] anschließen, der den Soor zur Gattung *Dematium* stellt und die Bezeichnung *Dematium albicans* vorschlägt. Denn ich erhielt vom Konidiensoor auf Bierwürzgelatine und im Agarquerschnitte Bilder, die mit der Beschreibung der Soorkolonien von Laurent, der Material aus dem großen Krankenhause und den Hospitälern in Paris untersuchte, vollständig übereinstimmen. Auch impfte ich von Weinbeeren und Kirschen einen Pilz ab, den ich nach der Photographie von Fischer und Brebeck[3] und nach der Beschreibung von E. Löw als *Dematium pullulans* bestimmte und der dasselbe stockwerkartige Wachstum unter dem Mikroskope auf Bierwürzgelatine zeigte wie der Konidiensoor. Nur die Hyphen waren dicker, die Konidien ovaler und fähig, auch an anderen Stellen des Hyphengliedes sich reichlicher abzuschnüren. Besonders das Habitusbild der Kulturen bei schwacher Vergrößerung war dem des Konidiensoors sehr ähnlich, aber doch bei einiger Übung leicht zu unterscheiden.

---

[1] Auf Grund von Kulturen dieses Pilzes, den ich aus dem Kral'schen Institute in Prag bezog, möchte ich glauben, daß auch *Monilia candida* Bonorden in den Verwandtschaftskreis des *Dematiums* gehört.

[2] E. Laurent, Observations sur le champignon du muguet (Bulletin de la société belge de microscopie, 1890, Bruxelles. Nos I, II et III). Referat Zentralbl. für Bakt. u. Par., VIII, p. 407.

[3] Fischer und Brebeck, Zur Morphologie, Biologie und Systematik der Kahmpilze, der *Monilia candida* Hausen und des Soorerregers. Jena, Verlag von G. Fischer, 1894. Taf. II, Fig. 12.

Digitized by Google

Auch erinnere ich an die Mitteilung von Fischer und Brebeck, nach der diese einmal bei einer Soorabimpfung *Dematium pullulans* fanden.

Auf Grund dieser Erwägungen sehe ich mich also gezwungen, den Soorerreger mit Laurent *Dematium albicans* zu nennen, unterscheide aber innerhalb dieser Art noch zwei ineinander übergehende Varietäten.

Zum Schlusse meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, meinem Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Molisch, herzlichst zu danken für seine Leitung und für sein Streben, mir in jeder Hinsicht alle zur Arbeit erforderlichen Mittel zu beschaffen.

Desgleichen gilt mein Dank der löblichen Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen, durch deren Subvention die bei derartigen Untersuchungen unvermeidlichen größeren Auslagen für Reagenzien, Glasgefäße u. dgl. gedeckt wurden.

Ferner danke ich Herrn Assistenten Dr. Oswald Richter für mancherlei Ratschläge und Gefälligkeiten sowie Herrn Demonstrator phil. cand. Ruttner für die Anfertigung der Photographien.

X. Übersicht der Resultate.

I. Die vorliegende Arbeit enthält eine eingehende Untersuchung über die Naturgeschichte des Soors nach der morphologischen und physiologischen Seite hin.

II. Aus derselben ergibt sich, daß die Art *Dematium albicans* Laurent (= *Oidium albicans* Robin) eine Formenreihe darstellt, die nach zwei Endpunkten variiert und deren Endglieder zwei wohl unterscheidbare Varietäten darstellen:

1. den Konidiensoor,
2. den Hyphensoor.

Diagnose der beiden Varietäten:

a) Der Konidiensoor. Auf Nährmedien, wo der Pilz in Hyphenform wachsen kann: Mycel mehr oder weniger verzweigt, bestehend aus farblosen, gegliederten Hyphen. Glieder mittellang, am Ende derselben (selten in der Mitte) schnüren sich zahlreiche, vorherrschend runde Konidien ab, die sich

Digitized by Google

zu stockwerkartig gelagerten Häufchen ansammeln (Taf. I, Fig. 7, die linken Hyphenäste). Verzweigungen des Mycels entspringen ebenfalls meist an den Gliederenden. Große Neigung zum Konidienwachstum. In der Art des Wachstums durch äußere Faktoren beeinflußbar. Keine Dauersporen.

b) Der Hyphensoor. Auf allen gebräuchlichen Nährmedien ein reich verzweigtes Mycel, bestehend aus farblosen gegliederten Hyphen. Glieder sehr lang, am Ende derselben (selten in der Mitte) wenig oder meist keine Konidien. Dafür eine reichliche Verzweigung des Mycels. Zweige meist an den Gliederenden (Taf. I, Fig. 7, der äußerste Ast rechts). Große Neigung zum Hyphenwachstum. In der Art des Wachstums durch äußere Faktoren wenig, meist gar nicht beeinflußbar. Typische Dauersporen (Taf. I, Fig. 8, 9 und 10). (Identisch mit dem verflüssigenden Soor von Fischer und Brebeck.)

III. Die Ansicht Laurent's, daß der Soorerreger mehr mit *Dematium pullulans* De Bary verwandt ist als mit *Oidium lactis* Fres. wird unterstützt. Endosporen wurden nicht beobachtet.

IV. Es werden Mittel angegeben, durch welche man schnell Dauersporen erhalten kann, welche keimungsfähig sind.

Ferner wird gezeigt, daß die Soorhyphen stets zu einer bestimmten Sauerstoffspannung (Optimum) hinwachsen und daher positiv oder negativ aërotrop sein können.

Der Konidiensoor wird außerdem noch von folgenden äußeren Faktoren in der Art seiner Wuchsform stark beeinflußt:

a) vom Sauerstoff,
b) von den Nährstoffen,
c) von der Temperatur,
d) durch das Licht.

Der Hyphensoor zeigt mit geringen Ausnahmen keine solche Beeinflußbarkeit.

V. Das Streben, das natürliche Vorkommen des Soors außerhalb seines Wirtes aufzuhellen, ist zwar nicht

Digitized by Google

geglückt, doch wurde bei den betreffenden Versuchen festgestellt, daß der Soor auch im Munde gesunder erwachsener Menschen gelegentlich zu finden ist.

Tafelerklärung.

Tafel I.

Fig. 1 bis 3. Drei Konidiensoorkolonien auf Bierwürzgelatine. Fig. 1 eine Oberflächenkolonie, 2 und 3 submerse. Doch können auch untergetauchte Kolonien das Bild der Fig. 1 darbieten. Man beachte den Übergang von der Konidien(Hefe)kolonie zur typischen Stockwerkkolonie. Vergrößerung: Fig. 1 und 3 etwa 20fach, Fig. 2 etwa 50fach.

Fig. 4. Submerse Hyphensoorkolonie auf Bierwürzgelatine. Stockwerke infolge ausschließlichen Hyphenwachstums nicht mehr zu erkennen. Vergrößerung etwa 20fach.

Fig. 5. Oberflächenkolonie des Hyphensoors ebenfalls auf Bierwürzgelatine. Zum Unterschiede von der Oberflächenkolonie des Konidiensoors (Fig. 1) besteht diese Kolonie fast vollständig aus Hyphen, die, zu mehr oder weniger dicken Zöpfen vereinigt, radial in die Luft ragen und der Kultur ein stacheliges oder haariges Aussehen verleihen. Vergrößerung etwa 20fach.

Fig. 6. Drei Soorstichkulturen auf Bierwürzgelatine. Links ein Hyphensoor, rechts zwei Konidiensoore, der eine rechts mit besonders großer Neigung zur Konidienbildung. Natürliche Größe.

Fig. 7. Soorhyphen, die an ihren Gliederenden reichlich Konidien abschnüren, wobei sich diese zu stockwerkartig gelagerten Häufchen ansammeln. Diese typische Wachstumsart zeigt bei geeigneten Bedingungen stets der Konidiensoor. Ganz rechts befindet sich ein Ast, der als Seitenzweige immer wieder Hyphen zweiter, dritter etc. Ordnung erzeugt, so daß ein fast ausschließlich fädiges Mycel entsteht, das für den Hyphensoor typisch ist. Vergrößerung etwa 300fach.

Fig. 8 und 9. Dauersporen des Hyphensoors. In Fig. 9 sind die Hyphen entleert und alles Plasma mit den Reservestoffen in die Dauersporen und in die an sie grenzenden Hyphenteile gewandert. Vergrößerung etwa 300fach.

Fig. 10. An fünf Stellen gekeimte Dauerspore. Links unten haftet noch der alte Hyphenast, der die Dauerspore an seiner Spitze erzeugte. Er trägt seitlich unten eine kleine, nicht ausgereifte Dauerspore. Vergrößerung etwa 300fach.

Digitized by Google

Tafel II.

Fig. 11 und 12. Längsschnitte von Stichkulturen des Konidiensoors in Peptonagar. Man sieht das Zunehmen der Hyphenlänge gegen die Tiefe hin bis zu einem Optimum, unter dem die Länge wieder langsam abnimmt. Die reichlichere Konidienabschnürung gegen den Nagelkopf (Sauerstoff!) hin zeigt sich in Fig. 12 als weiße Umsäumung, in Fig. 11 als stärkere Schattierung und deutliches Hervortreten der dunkel gefärbten Stränge (= stark mit Konidien besetzte Hyphen). Vergrößerung: Fig. 11 etwa 20fach, Fig. 12 natürliche Größe.

Fig. 13. Die im Speichel aus den Soorkonidien ausgekeimten Hyphenschläuche wenden sich alle vom Deckglasrande, der als schwarzer, horizontal durchs Gesichtsfeld ziehender Strich erkennbar ist, weg. Wachstum vom Sauerstoff der Luft weg: negativer Aërotropismus. Vergrößerung etwa 300fach.

Fig. 14. Die ziemlich entfernt vom Deckglasrande (schwarze Schattierung im unteren Teile des Gesichtsfeldes!) ausgekeimten Konidien wachsen mit ihren Schläuchen senkrecht zu diesem: positiver Aërotropismus. Vergrößerung etwa 300fach.

Fig. 15. Ausschnitt aus einer Plattenkultur des Konidiensoors (Bierwürzgelatine). Die Kolonien links *(a)* waren verdunkelt und sind doppelt so groß als die im Lichte gewachsenen *(b)*. Natürliche Größe.

Anmerkung: Sämtliche Figuren mit Ausnahme von Fig. 7 sind Photographien.

Digitized by Google

Inhaltsangabe.

Seite

I. Einleitung. Vorkommen, Pathogenität. Gibt es mehrere Soore? . . . 159
II. Wachstumsform. Beschreibung des makroskopischen und mikroskopischen Aussehens 161
III. Dauersporen. Beschreibung, Vorkommen 164
IV. Herkunft der untersuchten Soore und Methoden 165
V. Einfluß äußerer Faktoren auf den Soor 167
a) Einfluß der Nährstoffe 167
b) Einfluß des Sauerstoffes 171
c) Lichteinfluß 177
d) Einfluß der Temperatur 180
VI. Zahl der Soore 180
VII. Beschreibung der Soorvarietäten 183
a) Der Konidiensoor. Morphologie, Größenverhältnisse, Aussehen auf verschiedenen Nährmedien, Keimung der Konidien, Temperaturgrenzen, chemische Leistungen 183
b) Der Hyphensoor. Morphologie, Größenverhältnisse, Aussehen auf verschiedenen Nährmedien, Entstehungsbedingungen der Dauersporen, Keimung, Temperaturgrenzen, chemische Leistungen 186
VIII Über das Vorkommen des Soors in der Natur 190
IX. Verwandtschaft 191
X. Übersicht der Resultate 193
Tafelerklärung 195

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1

Fig. 2

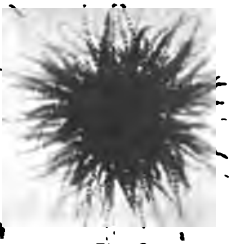


Fig. 3

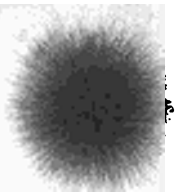
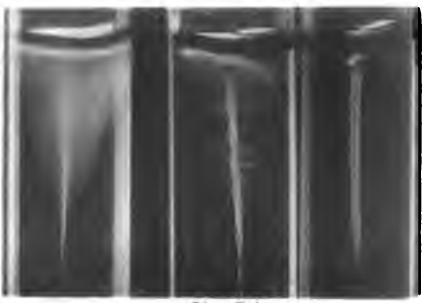


Fig. 4

Fig. 5



a Fig. 6 b c

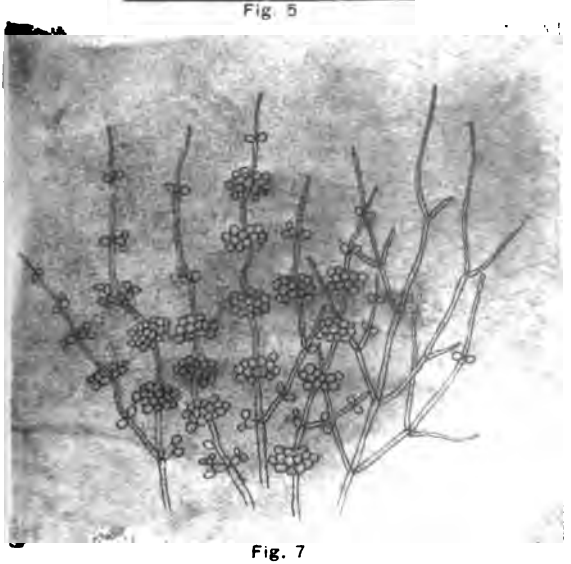


Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 11

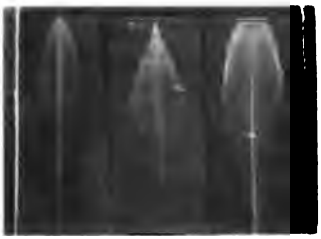


Fig. 12

Fig. 13

Fig. 14

a Fig. 15 b

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Virgation der istrischen Falten

von

Dr. **Lukas Waagen.**

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 1. Februar 1906.)

Unsere Kenntnis von dem Aufbaue Istriens und der Quarnerischen Inseln beruht im wesentlichen auf den Beobachtungen Stache's. Wenn auch früher schon geologische Untersuchungen in dem genannten Gebiete vorgenommen wurden und ebenso Arbeiten ganz jungen Datums Beiträge zu dessen Kenntnis brachten, so war es doch Stache allein, der in systematischer Weise ganz Istrien durchwanderte und geologisch untersuchte und die Resultate dieser Reisen der Öffentlichkeit übergab. Allerdings waren auch diese Studien einseitig, indem sie das Verbreitungsgebiet des Eozäns bevorzugten, und so findet man in den Publikationen, welche in den Jahren 1859 bis 1867 unter dem Gesamttitel »Die Eozängebiete in Innerkrain und Istrien«[1] erschienen, die die einzelnen Mulden trennenden Kreiderücken nur wenig berücksichtigt. Erst in dem bezüglichen Hauptwerke Stache's »Die liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte«[2] findet sich ein Überblick, der den Gesamtaufbau der istrischen Halbinsel erkennen läßt. Ebenso wurden in einer anderen Arbeit »Die Wasserversorgung von Pola«[3] die geologischen Verhältnisse Istriens in der Einleitung besprochen.

---

[1] Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst., X. Jahrg. (1859), p. 272—332. Zweite Folge: Ibid., XIV. Bd. (1864), p. 11—115. Dritte Folge: Ibid., XVII. Bd. (1867), p. 243—289.

[2] Abhandlungen d. k. k. geolog. Reichsanst., XIII. Bd., Wien (1889).

[3] Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst., XXXIX. Bd., Wien (1889).

Digitized by Google

Nach dem heutigen Stande der Kenntnisse kann man in Istrien drei Kreideaufwölbungszonen unterscheiden, zwischen welche zwei mit Eozän erfüllte Muldenzonen sich trennend eingliedern. Es ist hier von Zonen und nicht von Sätteln und Mulden kurzweg gesprochen worden, da ein jeder dieser Komplexe, sowohl die Aufwölbungs- als die Muldenzonen, in sich selbst wieder gefaltet erscheinen und nur ein Verhältnis der Relativität zwischen denselben existiert. Der Ausdruck »Muldenzone« ist daher etwa im Sinne von Dana's »Geosynklinale« zu verstehen, wozu als Gegensatz die Bezeichnung »Geoantiklinale« für die Aufwölbungszonen gebraucht werden könnte.

Beginnen wir vom Festlande gegen das Meer hin vorzuschreiten, so muß als innerste Aufwölbungszone die Hochkarststufe genannt werden. Es ist dies zwar in erster Linie eine morphologisch-geographische Bezeichnung, doch immerhin mag dieselbe als handlicher Ausdruck für die Zusammenfassung der einzelnen Glieder, als da sind Tarnowaner Wald, Birnbaumer Wald, Nanos und Schneeberger Waldgebirge (Krainer Schneeberg), auch hier gebraucht werden. Die nordwestlichen Glieder dieser Hochkarststufe wurden in jüngster Zeit erst von Dr. Kossmat geologisch neu kartiert und die bezüglichen Beobachtungen über den Tarnowaner und Birnbaumer Wald sowie über den Nanos in mehreren Arbeiten[1] veröffentlicht. Darnach liegt im Tarnowaner Walde eine Decke von Juraschichten flach auf einem mächtigen Komplexe von Hauptdolomit. Die Karstkalke des Birnbaumer Waldes liegen wieder auf Jura auf und greifen, wie es scheint, stellenweise auch direkt auf die Hauptdolomitenunterlage über. Diese Kreidetafel ist gegen den Tarnowaner Wald abgesunken und gegen dessen Juraschichten fallen die Kreidekalke ein, sich scharf davon abgrenzend. Im Nanos endlich bringen die

[1] F. Kossmat, Vorläufige Bemerkungen über die Geologie des Nanosgebirges. Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanst. (1896), p. 149ff. — Über die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Adelsberg und Planina. Ibid. (1897), p. 78ff. — Über die geolog. Aufnahmen im Tarnowaner Walde. Ibid. (1897), p. 144ff. — Erläuterungen zur geolog. Karte etc. Blatt: Haidenschaft und Adelsberg (1905).

Digitized by Google

Kreideschichten das Umschwenken in die normale dinarische Streichrichtung sehr deutlich zum Ausdrucke und, während Tarnowaner und Birnbaumer Wald, wie es scheint, als geneigte Tafeln anzusehen sind, spielt im Nanos die Faltung schon eine größere Rolle. Die Begrenzung dieses nordwestlichen Teiles der Hochkarststufe gegen die Wippacher Mulde wird durch Brüche und Überschiebungen charakterisiert. So ist nordwestlich von Haidenschaft am Absturz des Tarnowaner Plateaus eine randliche Überschiebung von Jura über Eozänflysch beobachtet worden und, wenn die Kreideschichten des Nanos bei Wippach auch flach unter den Flysch einfallen, so wurde bei der weiteren Verfolgung dieses Randes doch immer steilere Aufrichtung der Schichten festgestellt, bis endlich bei Präwald eine prägnante Überkippung sich daraus entwickelt hat.

Die südöstliche Fortsetzung der Hochkarststufe wird von dem Gebirgsstocke des Krainer Schneeberges gebildet. Es ist dies eine der wenigst bekannten Gegenden dieses Gebietes, da dasselbe meines Wissens seit Stache nicht mehr geologisch untersucht wurde und auch dieser sich auf eine Orientierungstour und randliche Kartierungen beschränkte. In seinem Berichte[1] hierüber erwähnt Stache nur: »Der ganze südwestlich vom Hauptzuge gelegene Teil zeigt sich vorläufig nur als den mittleren Schichten der Kreideformation, dem Turonien und oberen Neocomien (soll wohl heißen Cenoman), angehörig; der nordöstliche Teil gehört der Trias.« Dennoch geht aber aus späteren Bemerkungen hervor, daß es sich hier um ein dinarisch gefaltetes und gegen die vorgelagerte Mulde überschobenes Gebirge handelt.

Das zweite tektonische Glied bildet die schon des öfteren genannte vorgelagerte Muldenzone. Am Fuße des Tarnowaner Waldes und des Nanos zieht die Wippachmulde, am Fuße des Schneeberger Waldes die Rekamulde, die beide dem dinarischen Streichen folgen und einander gleichsam fortsetzen. Nur westlich von Adelsberg findet eine Auslenkung gegen NE

[1] Stache, Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst., IX. Bd. (1858). Verhandl., p. 112.

Digitized by Google

statt und dadurch wird auch der Zusammenhang beider Muldengebiete unterbrochen. Eine Darstellung der Wippachmulde wurde von Kossmat in dessen zitierten Erläuterungen zum Blatte Haidenschaft und Adelsberg gegeben. Darnach ist diese Mulde bei Präwald, das ist dort, »wo der überkippte Rand des Nanos am nächsten an das südliche Kreideplateau herantritt, am stärksten zusammengepreßt und zeigt im wesentlichen einen isoklinalen Bau, indem der nordöstliche Flügel, dessen Basalbreccien unter Schuttüberstreuung an wenigen Stellen zu Tage treten, überkippt ist. Weiterhin öffnet sich die Synklinale und wird im NE von einer durch Schichtstellung und Verlauf der Nummulitenbreccien kenntlichen Aufwölbung zwischen Slap und Goče begleitet. Nach dem Untertauchen der letzteren bildet sich eine noch flachere Mulde heraus, welche vom Wippachflusse durchschnitten wird.« In der Gegend von Adelsberg konnte die Tektonik infolge der mangelhaften Aufschlüsse nicht so genau festgestellt werden und es steht nur das eine fest, daß zwischen Kaltenfeld und Präwald zahlreiche randliche Störungen anzunehmen sind.

Dem Gebirgsstocke des Krainer Schneeberges ist im SW die Rekamulde vorgelagert, deren Bau wir wieder aus den Untersuchungen Stache's kennen, der die Resultate derselben in folgenden Worten zusammenfaßt:[1] »Es ergibt sich aus allem bisher Gesagten, daß das Rekagebiet eine gegen NW erweiterte, gegen SE sich verringernde, muldenförmige Einsenkung im Kreidegebirge ist, deren fester Boden und deren Seiten aus den Kalkschichten der ältesten Eozänperiode gebildet ist; daß von diesen Seiten die südwestliche steil aufgerichtet, die östliche gedreht und überkippt ist und die nördliche von den zu Tage tretenden Wellen gebildet wird, durch welche der ganze Boden der Mulde ein unebener ist und daß endlich diese so gebaute Mulde mit dem Alter nach jüngeren, weicheren, durch den von den festen Rändern her bei der Aufrichtung und Überkippung auf das Innere notwendig stattgehabten gewaltigen Druck vielfach gefalteten Sandstein- und Mergelschichten derselben eozänen Tertiärepoche erfüllt ist.«

[1] Stache, Die Eozängebiete in Innerkrain und Istrien, 1. Abhandl. (1859), p. 332.

Digitized by Google

Ein Vergleich zeigt einen gewissen Parallelismus in dem Verlaufe der Wippach- und Rekamulde. Im SE liegt das Gebiet stärkster Verengung und Überkippung des Nordostrandes, während die Energie des Zusammenschubes gegen NW sich mäßigt und man dort gleichsam eine Austönungszone vor sich hat.

Die zweite Aufwölbungszone wird von jenem Gebirgsrücken präsentiert, dessen Teile von Stache als Triestiner Karst und Tschitschenboden bezeichnet wurden. Sie bestehen aus Kreide und werden nur durch eine Eozänbrücke zwischen Cosina und Basovica, getrennt, welche die östlich dieses Gebirgszuges gelegene Rekamulde mit der westlich gelegenen Doppelmulde von Triest und Pisino verbindet. Diese Aufwölbungszone ist es, welche die eigentliche istrische Halbinsel von dem Hinterlande scheidet und die von den italienischen Geographen[1] einheitlich als »Vena« bezeichnet wird, ein Begriff, der, seit Hellwald[2] etwas modifiziert, auch in der deutschen Literatur Eingang gefunden hat. Der Triestiner Karst scheint im wesentlichen ein wenig gefaltetes Plateau zu sein, das von Längsbrüchen durchsetzt wird und dessen Schichten mit sehr steilen Neigungswinkeln gegen die Umgebung von Triest hinabsinken. Ähnlich scheint der Tschitschenkarst in seinem Nordwestende nur mäßige Faltung aufzuweisen, die sich aber im Verlaufe gegen SE immer mehr verstärkt und nicht nur zu überkippten Falten, sondern auch zu Überschiebungen zu führen scheint. Das südöstliche Ende des Tschitschenbodens streicht in dem Winkel von Abbazia gegen das Meer aus und von dem Baue dieses Endes soll weiter unten gesprochen werden.

Als Vorlage dieses Gebirgszuges sieht man das »istrische Bergland«, die »regione pedemontana« der italienischen Geographen oder die bereits genannte Doppelmulde von Triest und Pisino nach der Bezeichnungsweise Stache's. Zur Doppelmulde wird dieselbe durch jenen Kreidekalkrücken, der von der Punta Salvore über Buje bis in die Gegend von Pinguente

---

[1] Benussi, Manuale di geografia, storia e statistica del Litorale (1885).

[2] Hellwald, Die Halbinsel Istrien. Globus, LX. Bd., p. 81 ff.

Digitized by Google

zieht und so eine Teilung des Muldengebietes erzeugt. Stache sagt über den Bau dieser Doppelmulde zusammenfassend:[1] »daß das ganze zwischen den zwei großen unteren Kreidegebirgsstufen des istrischen Küstenlandes liegende, gegen NW mit seiner größten Breite gegen das Meer offenstehende, gegen SE durch das Ufergebirge des Monte Maggiore abgeschlossene Eozängebiet von Triest—Pisino zwar eine einzige große muldenförmige Einsenkung im Kreidegebirge bildet, mit steil aufgerichtetem, höher ansteigendem und vielfach gestörtem nordöstlichem Flügel und mit flacher gegen denselben geneigtem, regelmäßiger gebautem, südwestlichem Flügel; daß dasselbe jedoch durch das Hervortauchen einer das Gebiet diagonal durchsetzenden Gebirgswelle des kalkigen Untergrundes, nämlich des Kreidekarstes von Buje derart in zwei muldenförmige Segmente geteilt wurde, daß es jetzt dadurch dem Begriffe einer Doppelmulde entsprechend gestaltet erscheint«.

Der südwestlichste Teil der istrischen Halbinsel endlich wird von dem niedrigen südistrischen Karstlande, auch regione marittima oder Istria rossa genannt, eingenommen. Hier scheinen flache regelmäßige Kreidefalten an dem Aufbaue teilzunehmen, doch ist die Gegend noch nicht hinreichend studiert, um angeben zu können, wie viele Faltenzüge unterschieden werden müssen.

Mit dem Gesagten wäre somit der Aufbau Istriens im wesentlichen skizziert und nun soll der Anschluß an die Inseln des Quarnero einer Besprechung unterzogen werden. Wenn wir dabei den gleichen Vorgang wie im voranstehenden beobachten wollten, müßte wieder mit der Hochkarststufe begonnen werden. Hievon sei aber — vorläufig — Abstand genommen, da, wie gesagt, der Aufbau des Schneeberger Waldgebirges und ebenso dessen südliche Fortsetzung zu wenig bekannt sind.

Die südöstliche schmale Verlängerung der Rekamulde wurde dagegen von Stache einer Untersuchung unterzogen, der sie als »Gebirgsspalte von Buccari« beschrieb und über

---

[1] Stache, Die Eozängebiete in Innerkrain und Istrien. 2. Folge (1864), p. 102.

Digitized by Google

dieselbe das folgende mitteilte:[1] »Das langgezogene Spaltengebiet von Buccari ist eine direkte, nur durch die geographische Form einer eigentümlichen Wasserscheide getrennte, stark verengte, kluftartige Fortsetzung des zu einer breiteren, faltenförmig überkippten Mulde auseinander gespreizten Eozängebietes der Reka. Es stellt trotz mannigfacher lokaler Abweichungen im Schichtenbau eine lange, im großen und ganzen gegen NE geneigte und zugleich mit der Richtung ihrer nordwest-südöstlichen Streichungsrichtung zum Meeresniveau mehr und mehr sich senkende Falte dar. Diese Falte zerfällt durch quer auf ihre Hauptrichtung streichende Einsenkungen in einzelne kleinere, talförmige Wassergebiete, deren Hauptbäche durch parallele kluftförmige Einsenkungen entweder direkt in das Meer münden, wo der westliche Gebirgskörper nur eine schmale Strandzone bildet, oder in Klüften und in Sauglöchern desselben verschwinden und erst nach Umwegen in Form von Quellen am Meeresufer hervorbrechen, wo derselbe sich zum Innenlandgebiet erweitert.« Mit dieser Verlängerung durch die Gebirgsspalte von Buccari reicht die Rekamulde südöstlich bis in die Gegend von Novi an der kroatischen Küste, wo sie in das Meer hinaus ausstreicht. Der Ausdruck »Spalte«, welchen Stache dieser verlängerten und stark verschmälerten Mulde beilegt, ist sehr bezeichnend, denn es scheint sich hier tatsächlich nicht um eine regelmäßige Synklinale, sondern um eine Art Grabenversenkung zu handeln. Solche fallen aber gewöhnlich als Störungszonen mit Erdbebenlinien zusammen und in der Tat liegt auch der kleine Ort Klana, welcher im Mai 1870 bekanntlich von einem verheerenden Erdbeben heimgesucht wurde, in dieser »Gebirgsspalte von Buccari«. Die Vorgänge, welche sich an diese Erderschütterungen knüpften, wurden von D. Stur[2] und später von R. Hoernes[3] einer genauen

---

[1] Stache, Die Eozängebiete in Innerkrain und Istrien. 2. Folge (1864), p. 32.

[2] D. Stur, Das Erdbeben von Klana im Jahre 1870. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst. (1871), XXI. Bd., 2. Heft.

[3] R. Hoernes in »Erdbebenstudien«: Das Erdbeben von Klana 1870. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst. (1878), XXVIII. Bd., p. 421 ff.

Digitized by Google

Untersuchung unterzogen und diese ergab, daß die Hauptstöße entlang der genannten »Gebirgsspalte« sich bemerkbar machten, aber außerdem besonders in deren geradlinigen Verlängerung auf der einen Seite bis Görz, auf der anderen bis Otocac in Kroatien fühlbar wurden. Diese Erdbebenlinie von Klana weist sonach darauf hin, daß die Steilabstürze des Hochkarstes an seiner Südwestseite wohl zum Teile durch Bruch und Absenkung des Vorlandes bedingt sein mögen, während der Muldenrand, wenigstens auf lange Strecken, später wieder überschoben wurde. Auffallender dagegen ist die Verlängerung der Erdbebenlinie bis nach Otocac, weil in diesem Falle die Störungslinie nicht parallel zur Gebirgsstruktur verläuft, sondern dieselbe in spitzem Winkel schrägt und im Relief durchaus nicht erkannt werden kann. Nur in der Einsenkung des Vratnikpasses, östlich von Zengg, in den Gebirgskamm des Velebit, über den die Erdbebenlinie von Klana verläuft, dürfte ein Hinweis auf bestehende größere Dislokationen gesehen werden. Daß aber gerade Klana bei dem genannten Erdbeben vom Jahre 1870 der pleistoseiste Punkt war, mag darin seinen Grund haben, daß in der Gegend von Klana die Gebirgsspalte von Buccari von der Fortsetzung der quarnerischen Hauptbruchlinie getroffen wird, welche die Südostküste Istriens bezeichnet. Noch eine dritte solche Störungslinie kennt man aber; es ist jene, welche von Triest über Adelsberg bis in die Gegend von Laibach und Cilli sich erstreckt. Diese Linie trifft die Klanalinie südwestlich von Adelsberg, wo eine Zersplitterung und teilweise Ablenkung der Bruchlinien aus ihrer Richtung stattgefunden zu haben scheint.

Es ist schon seit Stache's Aufnahmen bekannt, daß die Quarnerischen Inseln als Fortsetzung des Tschitschenkarstes betrachtet werden müssen und daß sonach eine Art Virgation vorliegt, was auch von Sueß in seiner »Entstehung der Alpen« angedeutet wurde. Der Zusammenhang selbst zwischen Festland und Inseln ist aber nicht sichtbar, denn in der quarnerischen Hauptbruchzone ist das Bindeglied niedergebrochen und die bisherigen Kenntnisse gestatteten es nicht, die beiden Enden der Fäden, die hier zerrissen, aufzufinden und wieder zu verknüpfen. Es sei nun der Versuch unternommen, die Leit-

Digitized by Google

linien vom Tschitschenkarst auf die Quarnerischen Inseln hinaus zu verfolgen.

In seiner »Liburnische Stufe« sucht Stache bereits innigere Beziehungen zwischen dem Tschitschenkarste und den Inseln herzustellen. Wir lesen darüber auf Seite 8: »Man darf auch ohne Bedenken in den mit Eozänmaterial erfüllten Faltenzügen der Insel Veglia divergierende Falten der westlichen Muldenflanke des Reka-Reczinagebietes, im Monte Lyss (rekte Syss) mit dem nördlichen Teil von Cherso die Fortsetzung des Monte Maggiore-Rückens, in Lussin mit dem Monte Ossero und dem mittleren Längsfaltenrest das Wiederauftauchen des südlich abgelenkten Ausläufers des Faltenbodens der Mulde von Pisino, das ist des Monte Goli-Rückens, mit dem Faltengebiet von Santa Lucia wiederzufinden suchen.« Wir wollen nun die bisher erwiesenen Tatsachen mit den voranstehenden Annahmen vergleichen.

Im abgelaufenen Jahre fand ich Gelegenheit, in der Gegend von Fiume bis Abbazia und dann der Küste entlang bis südlich von Albona orientierende Touren zu machen. Dieselben zeigten mir zunächst, daß längs der Nordostbegrenzung des Tschitschenkarstes ein steil aufgewölbter Faltenrücken verlaufe, der zum Teile bis zum Dolomit aufgebrochen ist, den Monte Tersato bei Fiume ebenso wie die beiden Halbinseln am Vallone di Buccari zusammensetzt und als treuer Begleiter der Gebirgsspalte von Buccari in der Gegend von Novi unter dem Meere verschwindet. Dieser Antiklinalzug ist noch fast vollständig am Festlande gelegen und nur die Ostküste des Scoglio San Marco und die kleine Halbinsel Veglias, welche, in den Canale Maltempo vorgeschoben, den Leuchtturm trägt, Pta. Vošica, gehören dem westlichen Schenkel dieses Zuges an.

Von Fiume zieht sich gegen den Berg Vela Straza eine Mulde, die auch zum größten Teile mit Alveolinen- und Nummulitenkalk, im Kerne sogar mit Mergeln des oberen Mitteleozäns erfüllt erscheint. Diese Eozänmulde ist auf Veglia unschwer in der eingesenkten Landbrücke von Porto Voz, dann östlich von Dobrigno bei Valle Murvenica und im Süden der Insel bei Vela- und Mala-Luka wieder zu erkennen. Ich glaube also, nach dem Gesagten der Ansicht Stache's von einer

Digitized by Google

Zersplitterung der Rekamulde nicht zustimmen zu können, da ja die die Buccarispalte begleitende Kreideaufwölbung bis zu ihrem Verschwinden bei Novi keine Abzweigung von der Mulde erkennen läßt. Die mit Eozänmaterial erfüllten Faltenzüge der Insel Veglia können sonach nicht als »divergierende Falten der westlichen Muldenflanke des Reka-Reczinagebietes« aufgefaßt werden, sondern diese haben ihren Ursprung in dem divergierenden Auseinandertreten der Faltenzüge des Tschitschenkarstes.

Dringt man von Fiume aus weiter vor, um im Grunde des Meerbusens von Fiume, also in der Gegend des Porto Priluka Aufnahmen zu machen, so sieht man dort ein deutliches fächerförmiges Auseinandertreten der einzelnen Falten. So zieht ein Dolomitaufbruch, der doch als Aufwölbungsachse betrachtet werden muß, über Castua bis in die Gegend von Cantrida, ein zweiter erreicht im Grunde des Porto Priluka das Meer, ein dritter endet bei Abbazia und endlich ein vierter wurde über Veprinaz bis gegen Ičiči verfolgt. Das Streichen dieser Züge weicht von der dinarischen Richtung von E nach W fortschreitend immer etwas mehr gegen S ab, so daß sich zwischen den einzelnen Faltenkulissen schmal-dreieckige Felder einschieben, mit der schmalen Basis gegen S gekehrt. Der ausgedehnte Einbruch des Quarnero an dieser Stelle läßt nicht immer eine sichere Verknüpfung dieser Faltenreste mit den Inseln zu. Immerhin scheint nun der Zusammenhang des Castua-Cantridarückens mit der östlichen Kreideaufwölbung der Insel Veglia evident.

Das Stück der Küste zwischen Veprinaz und dem Monte Maggiore konnte noch nicht besucht werden, im übrigen scheint dasselbe aber ziemlich kompliziert gebaut zu sein. Von Krai aber angefangen streichen die Kreideschichten im wesentlichen der Küste parallel, sie sind also aus der dinarischen Richtung bereits über S bis gegen SSW abgelenkt. Mit diesem Streichen sieht man auch die Kreideschichten — im allgemeinen eine Falte — in der Gegend von Albona eintreffen. Südlich dieser Stadt aber, in dem Gemeindegebiete von Chermenizza, kann man schrittweise eine scharfe Drehung des Streichens beobachten, bis wieder die dinarische Richtung erreicht ist,

Digitized by Google

und die Kreidefalte ruhig über die Berge Ostri und Goli zieht, um südlich von Skitaca unter die Fluten des Quarnero zu tauchen. Dieses Streichen weist nun allerdings auf den Scoglio Levrera und die Insel Lussin und ich muß Stache vollkommen recht geben, der in dem Monte Ossero ein Wiederauftauchen dieser Falte erblickt.

Mit dem Gesagten wäre bisher einerseits erwiesen, daß der Tschitschenkarst mit stark divergierenden Falten an die quarnerische Hauptbruchlinie herantritt, andrerseits wäre die mögliche Anknüpfung der Falten von Veglia und Lussin gezeigt. Wenn man aber die istrische Küste einer genaueren Untersuchung unterzieht, so gewahrt man gar bald, daß die Chermenizza-Umbeugung der Kreideküstenfalte zwar die deutlichste, aber durchaus nicht die einzige ist. So ist gleich der benachbarte Porto Rabaz als an die Stelle einer niedergebrochenen Antiklinale getreten anzusehen, von welcher nur mehr Reste der beiden Flügel erhalten sind, des Ostflügels in der Punta S. Andrea, des Westflügels in der längeren Punta Lunga. Diese beiden nach S strebenden, einander so nahe parallel verlaufenden Äste lassen sich einerseits, wie schon gesagt, im Zuge des Monte Ossero auf Lussin und andrerseits in dem fast vollständig ausgewaschenen Dolomitzuge der Cavanella von Ossero und den anschließenden Halbinseln wiedererkennen.

Wandert man längs der Küste wieder gegen Lovrana—Abbazia zurück, so ist der nächste von der Küstenkette gegen S abzweigende Ast in der Punta Masnak bei Fianona zu sehen, welcher auf der Insel Cherso in der Punta Pernata wieder auftritt, um von hier aus diese Insel an ihrer Westküste zu begleiten und erst an deren Südende im Porto Bokinić in das Meer auszustreichen.

Endlich ist noch ein vierter solcher Ast, der nach S abzweigt, an der istrischen Küste zu unterscheiden, und zwar endet dieser an der Draga Santa Marina nördlich von Moschenice, um jenseits des Canale di Farasina sich auf der Westseite Chersos fortzusetzen.

Allerdings läßt die beigelegte Kartenskizze noch eine ganze Reihe von Antiklinalzügen erkennen, deren Anknüpfungspunkte auf dem Festlande — vorläufig wenigstens — noch nicht

Digitized by Google

bekannt sind. Immerhin ist die Virgation, das fächerförmige Auseinandertreten der Tschitschenkarstfalten, deutlich genug sichtbar, wenn auf dem Festlandsteile auch gerade nur der Ansatz zu dem Fächerbaue erhalten ist. Erst nach S fortschreitend, lösen sich die einzelnen Faltenrücken mehr voneinander los, entwickeln sich die Zwischenfelder zu deutlichen mit Eozänablagerungen erfüllten Mulden. Dieses mit der Entfernung sich verstärkende Auseinandertreten der Faltenzüge bringt es aber mit sich, daß manche Antiklinale sich erst später einschaltet und daher deren Ursprung auf dem istrischen Festlande gar nicht gefunden werden kann. So sieht man eine solche Aufwölbung auf der Insel Cherso, östlich der gleichnamigen Stadt, zunächst als schwache Sekundärfalte in einer Mulde entstehen, im Streichen aber sich zu einem neuen selbständigen Faltenrücken entwickeln. Ähnlich tritt auf der Halbinsel Chersos, östlich von Smergo, sowie auf dem nur durch einen schmalen Meeresarm hievon getrennten Scoglio Plavnik je ein Antiklinalzug zum ersten Male auf. Diese beiden dürften sich zwar ursprünglich weiter nach N erstreckt haben, doch weist ihre schwache Aufwölbung, verbunden mit deren Konvergenz, darauf hin, daß deren Anfangspunkt nicht sehr weit nach N zu verlegen sein dürfte.

Die Verfolgung der einzelnen Faltenzüge ist nicht immer leicht, da dieselben einerseits durch die mehrfachen Einbrüche vollständig zerstückt sind, und da andrerseits in den einzelnen Scoglien häufig nicht die Faltenrücken, sondern bloß Reste des einen oder des anderen Faltenschenkels sich erhalten vorfinden. Dennoch läßt sich der Verlauf der einzelnen Antiklinalen bis zu einem gewissen Grade rekonstruieren. So wurde bereits die Außenfalte vom Monte Goli über Scoglio Levrera auf die Insel Lussin, die folgende Aufwölbung von der Punta Lunga nach Ossero und ebenso die dritte von der Punta Masnak bei Fianona zur Punta Pernata der Insel Cherso und bis zu deren Südende verfolgt. Die nächste Antiklinale, welche am Festlande bei Bersec abzweigen dürfte, streicht im Grunde des Vallone di Cherso in diese Insel ein, umfaßt den Lago di Vrana, um südlich von Punta Croce unter dem Meere zu verschwinden. Nun folgt der Zug, der bei Draga Santa Marina seine

Digitized by Google

Festlandswurzel besitzt, den westlichen Teil des nördlichen Cherso aufbaut, dann wieder unter dem Meere verschwindet, um westlich der Stadt Cherso neuerlich aufzutreten und diese Insel zu schrägen. Östlich von der Stadt Cherso tritt, wie bereits erwähnt, eine neue Aufwölbung auf, die aber bald wieder die Insel verläßt und deren Fortsetzung erst in dem entlegenen Scoglio Maon gefunden werden dürfte. Am Aufbaue des Nordendes von Cherso beteiligt sich aber noch eine zweite Antiklinale, die an der Punta Jablanac beginnt, doch sehr bald wieder im Meere verschwindet ebenso wie die westliche Antiklinale, so daß der schmale Teil Chersos südlich des Monte Syss der Muldenzone angehört. Bei Smergo quert sie die Osthalbinsel Chersos, verschwindet dann neuerlich unter dem Meere, um dann den westlichen Höhenzug der Insel Pago zu bilden, woran sich aber zum großen Teile bloß der Ostflügel beteiligt. Auf der genannten Osthalbinsel Chersos muß man, wie erwähnt, noch eine zweite Aufwölbung unterscheiden, deren Verlängerung im Kap Fronte-Dundo-Zuge der Insel Arbe, ein Rest des Ostflügels im Scoglio Dolin, und deren weiterer Verlauf in dem östlichen Höhezuge der Insel Pago zu sehen ist.

Wenn auch über den Anschluß der dalmatinischen Faltung an das hier besprochene System nichts weiter gesagt werden soll, so möchte ich doch erwähnen, daß all die bisher skizzierten Aufwölbungen ihre Fortsetzung im dalmatinischen Gebiete finden, die äußeren in den Inselbögen, die inneren auf dem Festlande. Die folgenden Züge aber, welche nun gleich erwähnt werden sollen, besitzen eine solche Fortsetzung nicht, sondern sie werden durch die Bruchlinie des Canale della Morlacca abgeschnitten. Diese Antiklinalen sind: Scoglio Plavnik—Tignaro-Zug auf Arbe; westlicher Faltenrücken auf Veglia—Scoglio S. Gregorio—Scoglio Goli; mittlerer Faltenrücken auf Veglia—Scoglio Pervicchio; östlicher Faltenrücken auf Veglia. Die Morlaccabruchlinie aber, wie ich sie kurz bezeichnen möchte, zweigt in der Gegend von Novi von der Klana-Erdbebenlinie ab. Auf ein kurzes Stück entspricht ihr Verlauf noch annähernd dem Streichen, dann aber wendet sie sich gegen S und auf dieser Strecke schneidet sie als schräger Querbruch die genannten Faltenzüge ab. Erst dort, wo diese

Digitized by Google

Linie neuerlich in die NW—SE-Richtung einlenkt, wird das Vorhandensein eines Bruches weniger bemerkbar. Aber auch diese Morlaccabruchlinie gibt sich als Erdbebenlinie kund und, wenn von derselben auch kein so furchtbares Ereignis wie von der Klanalinie bekannt ist, so werden doch auch die Orte dieser Zone: Zengg, St. Georgen und Jablanac einerseits, Bescanuova und Arbe andrerseits häufig genug von Erdstößen heimgesucht.

Fassen wir nun die bisherigen Beobachtungen, betreffend die Virgation der Falten des Tschitschenkarstes zusammen, so sehen wir im Grunde des Meerbusens von Fiume deutlich Ansätze zu einem fächerförmigen Auseinandertreten der Ketten. Diese Tendenz verstärkt sich gegen S und es schalten sich zum Teile mit Eozän erfüllte Mulden zwischen die Faltenzüge ein. Der am meisten gegen außen gelegene Ast ist der längste; er streicht gegen SSE und bildet die istrische Küste längs des Quarnero. Von ihm zweigen sich wieder mehrere Faltenrücken in dinarischer Richtung ab, welche die äußeren Inselzüge aufbauen. Wenn die Intervalle zwischen den einzelnen Antiklinalen größer werden, schalten sich auf den Inseln neue Aufwölbungen ein, die sich als selbständige Züge weiter fortsetzen. Die äußeren Züge dieser Virgation setzen ohne Unterbrechung auf die Inselreihen und das Festland von Dalmatien über, während die inneren Züge am Morlaccabruche abstoßen. Ebenso ist die östliche Begrenzung dieses Fächers durch einen Bruch, die Erdbebenlinie von Klana, gegeben, während die einzelnen Strahlen nahe ihrem Scharungspunkte durch die quarnerische Bruchlinie abgeschnitten erscheinen.

Anschließend an die Darstellung der Virgation der Tschitschenkarstketten, seien jene Erscheinungen in den angrenzenden Gebieten erwähnt, deren Entstehung durch die besprochene Virgation verursacht wurden. So sieht man, wie die Doppelmulde von Triest—Pisino, welche dem Tschitschenkarste direkt vorgelagert ist, durch die Ausstrahlung der quarnerischen Küstenkette von Monte Maggiore angefangen immer mehr verengt, dann in der Gegend von Albona gegen SW aus dem Streichen abgelenkt wird, um sich sodann als schmaler Streif der Umbeugung des Monte Goli-Astes anzuschmiegen und

Digitized by Google

wieder in das dinarische Streichen einzulenken, so daß sich der Verlauf des am weitesten aberranten Astes des Tschitschenkarstes in der östlichen Umrandung der Doppelmulde genau wiederspiegelt. Interessant ist es dabei, daß sich auch die Tendenz zur Teilung noch auf diese Eozänmulde ausgedehnt zu haben scheint. Denn Stache berichtet, daß in dem genannten Zuge noch vor dem Untertauchen unter den Quarnero, östlich der Punta Ubas — ich selbst fand noch nicht Gelegenheit, diesen Punkt zu besuchen — eine Gabelung desselben eintrete. Und in der Tat sieht man die Fortsetzung des Muldenzuges doppelästig erscheinen. Der innere Ast streicht der ganzen Westküste Lussins entlang, während der äußere auf Unie und den beiden Canidole nachgewiesen werden kann; dagegen ist die Kreideaufwölbung zwischen beiden nur mehr in ganz kleinen Resten vorhanden. Lussin aber hat uns dennoch ein interessantes Stück aus der Grenze zwischen der Tschitschenaufwölbung und der vorgelagerten Mulde bewahrt. Längs des Tschitschenkarstes sind die Kreidekalke meist über den Muldenrand überschoben, südlich von Albona, im Zuge des Monte Goli, sieht man regelmäßige, aufrechte Falten, während auf Lussin die Randfalten wieder stark überkippt sind.

Die Folge der Virgation der Tschitschenkarstketten macht sich aber auch noch weiter im W bemerkbar, und zwar in dem niedrigsten Teile Istriens, der Istria rossa. Wie viele Faltenzüge an dem Aufbaue dieses Gebietes sich beteiligen, ist noch nicht festgestellt, so daß die drei Antiklinalen, welche in beiliegender Kartenskizze sich verzeichnet finden, bloß die Grundzüge des Baues darstellen sollen. Eines aber konnte Stache, wie er in »Die Wasserversorgung von Pola« ausführt, mit Sicherheit nachweisen, nämlich daß die Falten umschwenken und mit südwestlichem Streichen in der Gegend von Pola an das Meer herantreten. Wenn man aber die Punkte der Schichtablenkung gegen SSW miteinander verbindet, so erhält man ungefähr eine Gerade parallel zur quarnerischen Küste und durch diese Anordnung wird der Zusammenhang der Beugung mit der Virgation besonders augenfällig. Das neuerliche Einlenken der Falten in das dinarische Streichen ist im südistrischen Karstlande zwar nicht zu verfolgen, doch muß die

Digitized by Google

Tatsache verzeichnet werden, daß am Kap Promontore die gewohnte SE-Richtung des Schichtverlaufes wieder angetroffen wurde. Eine Fortsetzung dieser Zone ist nur in den Leuchtturm-Scoglien Porer und Galiola sowie in dem Sockel der Sandinsel Sansego erhalten; alles andere ist niedergebrochen und unter dem Meere verschwunden.

Wir sehen also die istrische Virgation fortwirken bis in die Gegend von Pola, und in dem Umschwenken der Falten gegen SSW in Verbindung mit dem quarnerischen Bruche ist auch die Ursache des eigentümlich spitzen Zulaufens der istrischen Halbinsel gegen S zu suchen. Der weitere Verlauf der einzelnen Faltenzüge gegen SE soll in einer späteren Arbeit verfolgt werden. Hier sei nur noch auf einen Umstand verwiesen, daß nämlich auch die Hochkarststufe, respektive das Schneeberger Waldgebirge in seiner kroatischen Verlängerung eine ähnliche fächerförmige Gestaltung aufzuweisen scheint. Die westliche Randfalte, ein Höhenzug, welcher zum größten Teile die Bezeichnung »Velebit« führt, tritt bekanntlich, wie es auch aus jeder Karte ersichtlich ist, aus der dinarischen Richtung ziemlich weit im Bogen nach W vor und überschiebt dabei wahrscheinlich die Fortsetzung der am Morlaccabruche abgesunkenen inneren Faltenzüge, deren Verlängerung nach der neuerlichen Zurückbeugung des Velebitbogens in der Gegend der Prominamulde wieder zum Vorscheine kommen dürfte. Um jedoch einigermaßen Sicheres hierüber sagen zu können, müßte erst die Größe der Überschiebung am Südfuße des zurücklaufenden Velebitbogens genauer bekannt sein.

Im Gegensatze zu dieser Bogenanlage behält jedoch der östliche Randzug, die große und kleine Kapela, ihr Streichen unverändert bei, so daß zwischen beiden Zügen ein stark verbreiteter Raum entstehen muß, und Tietze[1] berichtet auch, daß er bereits an der Straße von Zengg nach Karlstadt zwischen den beiden Hauptaufwölbungen: Velebit und große Kapela, noch vier geringere Sättel konstatieren konnte. Da-

[1] E. Tietze, Geologische Darstellung der Gegend zwischen Karlstadt in Kroatien und dem nördlichen Teile des Kanals der Morlacca. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst., Wien (1873), XXIII. Bd., p. 27—70.

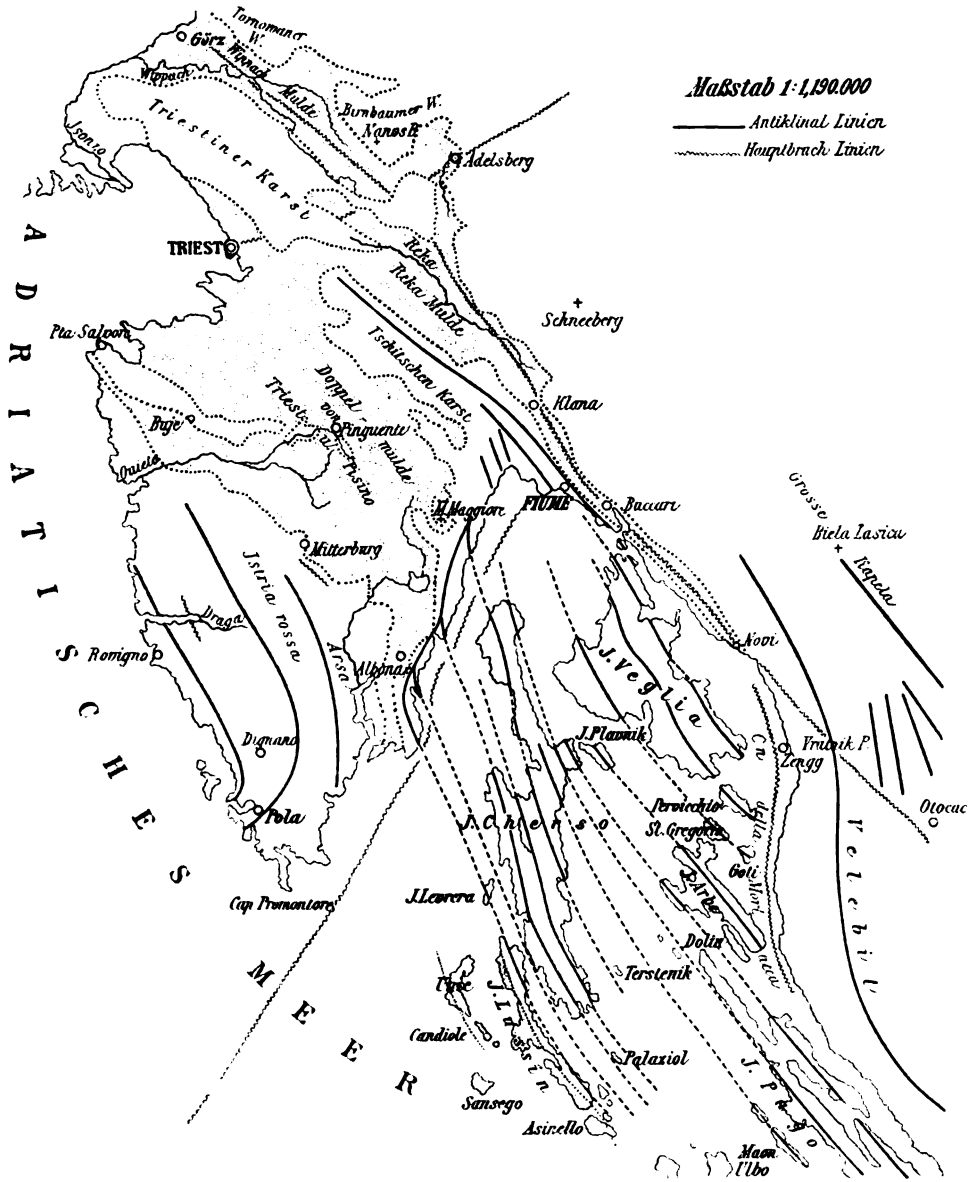
Digitized by Google

gegen dürfte dort, wo der Velebitbogen rückverlaufend die Streichrichtung der Kapela wieder trifft, das ist in der Gegend nördlich von Knin, eine Scharung der Faltenzüge konstatiert werden können.

Mit dem Gesagten sind die allgemeinen Kenntnisse von dem Baue der istrischen Faltenzüge erschöpft. Es sei aber gestattet, anschließend noch einiges hinzuzufügen, was aus den bisherigen geologischen Untersuchungen unserer Küstenländer im allgemeinen hervorzugehen scheint. Die Hochkarststufe sendet am Südfuße des Krainer Schneeberges divergierende Ketten aus, die nördlich von Knin neuerlich gebündelt werden dürften. Derselbe Vorgang ist beim Tschitschenkarste, nur über eine größere Fläche hin, zu beobachten. Die Virgation, welche in der Gegend des Mte. Maggiore eintritt, verbreitert sich über die ganzen istrisch-dalmatinischen Inseln und baut den größten Teil von Nord- und Mitteldalmatien auf. Entsprechend aber dem rücklaufenden Velebitbogen gegen Knin, der schließlich annähernd W—O—Streichen anzunehmen scheint, sieht man ein ganz analoges Verhalten der verlängerten Tschitschenkarstfalten in den Inseln Brazza, Lesina und Curzola, so daß in der Gegend etwa nördlich von Metkovich (südlicher Biokovo?) eine Schaarung der Falten anzunehmen ist, die allerdings auch bloß in einer Zusammendrängung der Ketten ohne Faltenverlust bestehen mag. Hingewiesen sei noch darauf, daß das Absinken der Ketten am Morlaccabruche und das Vortreten des Velebitbogens erst nach Beginn der Hauptfaltungsperiode eingetreten sein muß, nachdem die Falten der Prominamulde, nach den Kartierungen Schubert's und v. Kerner's ganz den am Morlaccabruche abgerissenen Zügen zu entsprechen scheinen. Schließlich sei noch besonders darauf aufmerksam gemacht, daß in dem Verlauf dieser Züge somit wiederholt die guirlandenförmige Anordnung der Ketten zwischen zwei Schaarungspunkten ausgeprägt ist, die für das Herantreten eines Kettengebirges an ein Niederland oder an ein Meeresbecken charakteristisch erscheint.

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Metasilikate und Trisilikate

(dritte Mitteilung über die Darstellung der Kieselsäuren)

von

G. Tschermak,

w. M. k. Akad.

(Mit 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Februar 1906.)

Der vorliegende Bericht bildet eine Fortsetzung jener Mitteilungen, die ich über die Zersetzung von Silikaten und die Darstellung der aus diesen erhaltenen Kieselsäuren in den letzten Jahren veröffentlichte.[1] Die bei meinen Untersuchungen angewandte Methode ist in einem besonderen Aufsatz in genügender Ausführlichkeit behandelt und mit Beispielen belegt worden.[2] Im Verfolg der Arbeit haben sich mehrere Tatsachen ergeben, welche die Voraussage bestätigten, daß durch die Abscheidung der Kieselsäuren aus den Silikaten und durch deren Prüfung Aufschlüsse über die Konstitution der ursprünglichen Verbindungen erlangt werden können, welche nicht nur für die Klassifikation der Kieselverbindungen, sondern auch für die Bildungsweise und die Paragenese dieser Minerale von Bedeutung sind. Was ich bisher mitteilen konnte, ist noch wenig im Vergleiche zu dem, was von einer vollständigen Erforschung der rationellen Zusammensetzung der Silikate zu erwarten steht, aber diese bildet eine Aufgabe, deren Lösung nur durch viele zeitraubende und mühselige Arbeiten erfolgen kann.

---

[1] Über die chemische Konstitution der Feldspate. Diese Sitzungsber., Bd. CXII, Abt. I, p. 355 (1903). Darstellung der Orthokieselsäure durch Zersetzung natürlicher Silikate. Diese Sitzungsber., Bd. CXIV, Abt. I, p. 455 (1905).

[2] Zeitschr. für physikal. Chemie, Bd. LIII, p. 349 (1905).

Digitized by Google

In der vorigen Abhandlung wurden Silikate besprochen, bei deren Zersetzung Orthokieselsäure SiO_4H_4 abgeschieden wird. Diese sowie alle andern Kieselsäuren erscheinen nach sorgfältiger Reinigung mit Wasser gemengt. Wird dieses Gemisch bei nahezu gleich bleibender Temperatur getrocknet und täglich einmal zu genau derselben Tageszeit gewogen, werden ferner die erhaltenen Gewichte als Ordinaten aufgetragen, so geben deren Endpunkte eine Kurve an, die im Augenblick, als das beigemengte Wasser sich verflüchtigt hat und die Zersetzung der Säure beginnt, einen Knick zeigt. Das Gewicht am Knickpunkt ist als das Gewicht der reinen, vom beigemengten Wasser befreiten Säure zu betrachten.

Wenn zwei aufeinanderfolgende Beobachtungen g_1, g_2, die vor dem Knickpunkte liegen, und zwei g_3, g_4 nach demselben gelegene zur Berechnung benützt werden, so läßt sich, wie schon früher gezeigt wurde, das Gewicht beim Knickpunkte G nach der Gleichung

$$G = g_2 - a\frac{b-c}{a-c} \qquad \text{I.}$$

annähernd berechnen, wenn $g_1 - g_2 = a$, $g_2 - g_3 = b$ und $g_3 - g_4 = c$ gesetzt werden.

Im Laufe der Untersuchungen hat es sich als wünschenswert herausgestellt, den Knickpunkt bisweilen dadurch genauer zu bestimmen, daß eine täglich zweimalige Wägung ausgeführt wird. In diesem Fall ist es zweckmäßig, eine Zeitdifferenz von 12 Stunden eintreten zu lassen, also die Wägung während der Trocknungsperiode z. B. um 8^h morgens und um 8^h abends vorzunehmen. Da jedoch weder ich noch mein Assistent nahe dem Laboratorium wohnen und nur die Winterszeit für die Beobachtung die günstige ist, so wurde in dem Falle, als die täglich zweimalige Beobachtung erforderlich schien, die Wägung in periodisch gleichen Zeiträumen, also z. B. täglich um $8^h\,30^m$ morgens und $7^h\,30^m$ abends, vorgenommen. Bei solcher Einteilung erhält man die Gewichte nicht mehr für gleiche Zeitdifferenzen, sondern, wenn die Zählung nach Stunden erfolgt, für die Periode $24-\delta$, δ, $24-\delta$, δ etc. Wenn hier δ ein solcher Zeitraum ist, innerhalb dessen der Knickpunkt eintritt, so hat man, sobald wieder die zwei aufeinanderfolgenden

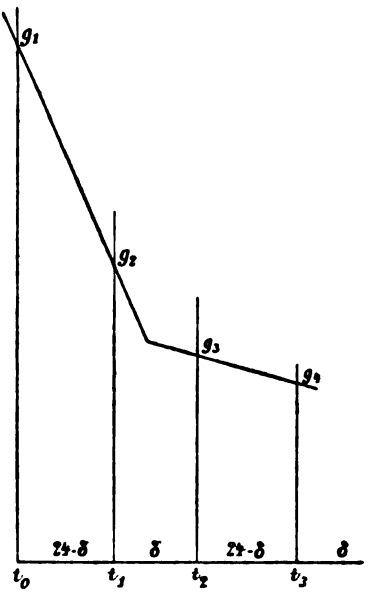
Digitized by Google

Beobachtungen vor dem Knickpunkte mit g_1 und g_2, die zwei folgenden mit g_3 und g_4 bezeichnet werden und a, b, c die der früher genannten entsprechende Bedeutung haben, für eine durch die Punkte g_1 und g_2 laufende Gerade die Gleichung

$$g = g_1 - \frac{a}{24-\delta} t$$

und für die zweite Gerade, in welcher die Endpunkte von g_3 und g_4 liegen, die Gleichung

$$g' = g_3 - \frac{c}{24-\delta}(t-24).$$



Nach Elimination von t ergibt sich für den Schnittpunkt der beiden Geraden, für welchen $g = g' = G$, mit Rücksicht darauf, daß $g_3 = g_2 - b$ und $g_1 = g_2 + a$, der Ausdruck:

$$G = g_2 - a\frac{b-\gamma c}{a-c}, \qquad \text{II.}$$

in welchem $\gamma = \frac{\delta}{24-\delta}$.

Bei der früher genannten Einteilung der Wägungen um $8^h\,30^m$ morgens M und $7^h\,30^m$ abends A sind die wechselnden Zeiträume 11 und 13 Stunden. Tritt der Knickpunkt in der Tageszeit M bis A ein, so ist $\delta = 11$ und $\gamma = \frac{11}{13}$, im andern Falle, wenn der Knickpunkt in der Nachtzeit A bis M eintritt, ist $\delta = 13$, folglich $\gamma = \frac{13}{11}$.

Die Gleichung für die Anwendung periodischer Wägungen unterscheidet sich von der unter I angeführten für täglich einmalige Wägung bloß durch den Faktor γ. Da für die höher zusammengesetzten Säuren c erfahrungsgemäß nur einen

Digitized by Google

geringen Betrag ergibt, ob nun die Wägungen in ganztägigen Intervallen oder zweimal täglich vorgenommen werden, so erhält man für beide Fälle fast genau denselben Wert für *G*. Dementsprechend genügt für solche Säuren die täglich einmalige Wägung. Für die eifrige Mithilfe bei diesen Beobachtungen bin ich Herrn J. Bruckmoser zu Dank verpflichtet.

Orthosilikate.

Die früher untersuchten Orthosilikate waren solche, die verschiedenen Typen angehören: Dioptas, Natrolith, Skolezit, Calamin (Kieselzinkerz). Hier sollen noch zwei andere angeführt werden, die dem Typus SiO_4M_2 entsprechen, der Willemit und der Monticellit.

Zur Prüfung des Willemits SiO_4Zn_2 dienten die im Calcit eingeschlossenen, hell bräunlichroten Kristalle von Franklin Fournace, deren Dichte zu 4·151 bestimmt wurde und deren Zusammensetzung:

		Berechnet[1]
Siliciumdioxyd ...	27·89	27·38
Eisenoxydul	0·90	—
Manganoxydul ...	6·98	8·05
Zinkoxyd	63·98	64·57
	99·75	100

Diese lieferten bei der Zersetzung durch Salzsäure eine klare Gallerte, nach deren Reinigung beim Eintrocknen eine glasige Masse gewonnen wurde, die bei täglich zweimaliger Wägung folgende Zahlen ergab:

A	*M*	*A*	*M*	*A*	*M*	*A*
1725	1437	1272	1192	1157	1133	1113
288	165	80	35	24	20	

Der Knickpunkt der Trocknungskurve tritt hier in der Nachtzeit ein und fällt nahezu in die Ordinate 1192. Daß dieser durch Konstruktion der Kurve gefundene Wert ziemlich richtig

[1] Mn : 7 Zn. Die hier und im folgenden angewandten Atomgewichte sind: O = 16, Si = 28·4, Al = 27·1, Fe = 55·9, Mn = 55, Zn = 65·4, Mg = 24·36, Ca = 40·1, Na = 23·05, Cl = 35·45, H = 1·008.

Digitized by Google

ist, ergibt sich aus der Berechnung der ganztägigen Beobachtungsreihe, die, wenn eine vorhergehende Wägung hinzugenommen wird, lautet:

A	*A*	*A*	*A*	*A*
2522	1725	1272	1157	1113
	797	453	115	44

Da hier $a = 453$, $b = 115$, $c = 44$, so berechnet sich nach I:

$$G = 1272 - 453\,\frac{71}{409} = 1193{\cdot}4.$$

Der Glühverlust beim Gewichte 1113 betrug 361, wonach, wenn der Wert von $G = 1192$ als richtig angenommen wird, der Wassergehalt beim Knickpunkte

$$W = \frac{361 + 1192 - 1113}{1192} = 36{\cdot}91\,\%$$

sich berechnet, während die theoretische Zahl $37{\cdot}37\,\%$ ist.

Die etwas über den Knickpunkt getrocknete Säure wird durch Methylenblau schwarzblau gefärbt.

Zur Untersuchung des Monticellits SiO_4CaMg dienten Kristalle von Magnet Cove, Arkansas, die im Calcit eingeschlossen vorkommen. Diesen wurde ein ziemlich reines Material von blaß gelblichgrüner Farbe und der Dichte 3·098 entnommen, an welchem Herr A. Himmelbauer bestimmte:

		Berechnet[1]
Siliciumdioxyd ...	35·30	37·56
Aluminiumoxyd ..	0·11	—
Eisenoxydul	5·08	5·59
Manganoxydul ...	0·66	—
Magnesiumoxyd ..	23·15	21·96
Calciumoxyd	34·46	34·89
Glühverlust	2·10	—
	100·86	100

[1] Fe : 7 Mg.

Digitized by Google

Der Glühverlust entspricht einem Gehalt an Wasser und Kohlendioxyd, welche beide nachgewiesen wurden. Das Mineral ist demnach nicht vollkommen rein, wie dies auch der Vergleich der gefundenen und der theoretischen Zahlen beweist. Die Abweichung ist jedoch nicht von solchem Belange, um die Entscheidung der Frage, ob das Mineral zu den Orthosilikaten gehöre, zu beeinträchtigen.

Die daraus dargestellte Säure verhält sich bei der Abscheidung so wie jene, die der Willemit lieferte. Beim Trocknen ergab dieselbe bei täglich zweimaliger Wägung die Zahlen:

M	*A*	*M*	*A*	*M*	*A*	*M*
1870	1606	1365	1251	1175	1127	1084
264	241	114	76	48	43	

Hier ist $a = 241$, $b = 114$, $c = 76$, $\gamma = \frac{10 \cdot 5}{13 \cdot 5} = \frac{7}{9}$ und es berechnet sich das Gewicht beim Knickpunkte nach II:

$$G = 1365 - 80 \cdot 2 = 1284 \cdot 8.$$

Da der Glühverlust beim Gewichte 1084 den Betrag von 286·3 ergab, so wurde für den Wassergehalt der Säure beim Knickpunkt erhalten:

$$W = \frac{286 \cdot 3 + 1284 \cdot 8 - 1084}{1284 \cdot 8} = 37 \cdot 91\,\%.$$

Durch Methylenblau wird die über den Knickpunkt hinaus getrocknete Säure schwarzblau gefärbt. Aus den vorstehenden Beobachtungen ergibt sich, daß die aus Monticellit hervorgehende Säure als Orthokieselsäure zu betrachten ist, wonach der Schluß, daß der Monticellit ein Orthosilikat sei, gerechtfertigt erscheint.

Metasilikate.

Die hieher gezählten Silikate scheiden bei der Zersetzung durch ziemlich konzentrierte Salzsäure ein Produkt ab, das unterhalb flockig, oberhalb gallertig erscheint. Beim Verdünnen mit Wasser verwandelt sich auch die Gallerte in eine flockige

Digitized by Google

Masse und es bleibt ein Teil der gebildeten Kieselsäure scheinbar gelöst. Die gereinigte Kieselsäure läßt bei der mikroskopischen Prüfung hie und da noch die Umrisse der Splitter des ursprünglichen Pulvers erkennen. Beim Knickpunkte der Trocknungskurve hat sie die Zusammensetzung SiO_3H_2, für welche sich 22·98% Wasser berechnen. Durch Methylenblau wird die eben trocken gewordene, pulverig aussehende Säure tief berlinerblau gefärbt.

In hohem Grad überraschend ist die Tatsache, daß ein Mineral, das ebenso wie der Willemit und Monticellit dem Typus SiO_4M_2 entspricht, in seiner Konstitution von diesen abweicht, indem es nicht das Verhalten der Orthosilikate zeigt.

Der Olivin, der bisher als Orthosilikat SiO_4Mg_2 betrachtet wurde, verhält sich wie ein Metasilikat.

Schon vor zwei Jahren erhielt ich bei der Prüfung des Olivins dem Gesagten entsprechende Resultate, doch wollte ich diese nicht veröffentlichen, bevor nicht wiederholte Bestimmungen mir die volle Gewißheit brachten.

Zu meinen Versuchen diente der Olivin aus den sogenannten Olivinbomben im Basalttuffe von Kapfenstein bei Gleichenberg in Steiermark, von welchem reine klare Splitter von gelbgrüner Farbe ausgesucht wurden. Sie ergaben die Dichte 3·353 und die Zusammensetzung:

		Berechnet[1]
Siliciumdioxyd ...	40·82	40·97
Aluminiumoxyd ..	0·13	—
Eisenoxydul	9·86	9·75
Magnesiumoxyd ..	49·46	49·28
	100·27	100

Bei der Zersetzung des Minerales durch Salzsäure bleiben ziemlich große Mengen des Siliciums in der Lösung. Werden kleine Mengen des Mineralpulvers mit einer großen Quantität verdünnter Säure behandelt, so bleibt fast gar kein flockiger Rückstand. In dieser Beziehung verhalten sich die Metasilikate ähnlich wie die Orthosilikate. Die immer eintretende Flocken-

[1] Fe : 9 Mg.

Digitized by Google

bildung und das pulverige Aussehen der getrockneten Säure sind aber charakteristisch für das Metasilikat.

Die gereinigte Kieselsäure wurde wiederholt geprüft. Von den erhaltenen Beobachtungsreihen mögen zwei hier angeführt werden, die sich bei täglich zweimaliger Wägung ergaben:

A	*M*	*A*	*M*	*A*	*M*	*A*
2236	1853	1488	1165	1001	974	964
383	365	323	164	27	10	

Hier ist $a = 323$, $b = 164$, $c = 27$ und $\gamma = \frac{11}{13}$.

Die Rechnung ergibt

$$G = 1165 - 155 = 1010.$$

Da der Glühverlust beim Gewichte 964 den Betrag von 183·5 ergab, so berechnet sich der Wassergehalt beim Knickpunkte der Trocknungskurve

$$W = \frac{183{\cdot}5 + 1010 - 964}{1010} = 22{\cdot}72\,\%.$$

Die andere Beobachtungsreihe gab die Zahlen:

M	*A*	*M*	*A*	*M*	*A*	*M*
2445	2015	1684	1333	1066	989	987
430	331	351	267	77	2	

Hier ist $a = 351$, $b = 267$, $c = 77$ und $\gamma = \frac{13}{11}$, wonach sich ergibt:

$$G = 1333 - 225{\cdot}5 = 1107{\cdot}5.$$

Der Glühverlust beim Gewichte 987 betrug 143, daher sich der Wassergehalt der Säure beim Knickpunkte berechnet zu

$$W = \frac{143 + 1107{\cdot}5 - 987}{1107{\cdot}5} = 23{\cdot}79\,\%.$$

Zwei fernere Beobachtungsreihen ergaben 23·46% und 22·19%. Der Wassergehalt entspricht sonach der Zusammensetzung SiO_3H_2.

Digitized by Google

Diese Kieselsäure nimmt in trockener Luft beständig an Gewicht ab. Nach mehreren Wochen scheint ein fernerer Knickpunkt einzutreten, da sich die Säure nun längere Zeit bei einem Wassergehalte von zirka 13% erhält, was der Zusammensetzung $Si_2O_5H_2$ entsprechen würde, welche 12·98% Wasser fordert. Die Wasserabspaltung dauert jedoch fort. Eine Probe, die ein Jahr lang über Chlorcalcium gehalten wurde, gab einen Glühverlust von 7·95%.

An der vorher besprochenen Kieselsäure von 23% Wassergehalt wurde pyknometrisch die Dichte bestimmt und $D=1·797$ gefunden.

Die Färbung durch Methylenblau ist etwas blasser als bei den aus den weiter angeführten Metasilikaten erhaltenen Säuren.

Bei der Behandlung der ursprünglich erhaltenen und noch von Wasser bedeckten Säure mit Natronlauge bei der Temperatur von 22° und in solchem Verhältnisse, daß noch ein Teil der Säure ungelöst blieb, entstand nach zwei Tagen eine klare Lösung, die abgegossen und eingedampft wurde. Es entstand eine amorphe, schwach getrübte Masse, aus der nach Behandlung mit Salzsäure erhalten wurden 500 *mg* SiO_2 und 456 *mg* NaCl. Dies ergibt das Verhältnis von $Si_{1·06}Na_1$ in dem entstandenen sauren Salze.

Die an dem Olivin von Kapfenstein beobachtete unerwartete Abscheidung einer Säure SiO_3H_2 ließ es noch als möglich erscheinen, daß dieses Mineral durch den vulkanischen Prozeß die ursprüngliche Beschaffenheit eines Orthosilikates eingebüßt habe. Daher wurden Versuche mit einem Olivin von anderer Bildungsweise vorgenommen. Zu diesen diente der Olivin aus den Tauern, den ich vor längerer Zeit beschrieb.[1] Dieser bildet große Kristalle, die in einem grobkörnigen bläulichen Calcit, eingeschlossen von Magnetit, Zoisit, begleitet sind und oberflächlich von wenig Serpentin sowie Bergkork überzogen erscheinen.

Die Versuche, welche mit diesem Mineral angestellt wurden, ergaben jedoch bei der Prüfung der daraus entstandenen Kiesel-

[1] Beobachtungen über die Verbreitung des Olivins in den Felsarten. Diese Sitzungsber., Bd. LVI, Abt. I, p. 281 (1867).

Digitized by Google

säure, was die Zusammensetzung und das Verhalten betrifft, genau die gleichen Resultate wie der Olivin von Kapfenstein.

Die bei der Zersetzung des Olivins entstehende Säure ist als Metakieselsäure SiO_3H_2 anzusehen, da kein Grund vorliegt, eine mit dieser polymere Säure zu vermuten. Dementsprechend ist im Olivin die zweiwertige Gruppe MgOMg anzunehmen. Eine solche Gruppe ZnOZn hat sich schon bei der Betrachtung der Konstitution eines Orthosilikates, des Calamins, als wahrscheinlich ergeben. Für den flüssigen Zustand wäre demnach die Formel des Olivins SiO_3MgOMg zu schreiben. Für den kristallisierten Olivin muß wohl ein höheres Molekulargewicht, mindestens das doppelte, angenommen werden. Wenn der Übersichtlichkeit wegen, wie dies schon in der ersten Abhandlung geschehen ist, statt —O— ein Strich — geschrieben und statt Si=O die Bezeichnung $\overline{Si}$ oder $\underline{Si}$ gewählt wird, so hätte man die Bilder:

Olivin, flüssig	Olivin, kristallisiert	Calamin
—Mg $\overline{Si}$ | —Mg	Mg—$\overline{Si}$—Mg | | Mg—$\underline{Si}$—Mg	Zn— —H | Si Zn— —H

Dieser Auffassung würde auch, wenn es gestattet ist, die chemische Konstitution mit der Kristallform in Zusammenhang zu bringen,[1] die rhombisch-holoedrische Form des Olivins, die rhombisch-hemimorphe Kristallisation des Calamins entsprechen.

Als zu den Metasilikaten gehörig wurde schon in der ersten Mitteilung der Anorthit $Si_2O_8Al_2Ca$ bezeichnet, da die aus reinem Anorthit vom Vesuv erhaltene Säure beim Knickpunkte 23·12% und 23·72% Wasser lieferte. Mittlerweile wurde dasselbe Material nochmals untersucht. Die abgeschiedene reine Kieselsäure gab, täglich einmal gewogen, die Zahlen:

2057	1377	704	643	639	639
680	673	61	4	0	

[1] Eine Beziehung zwischen chemischer Zusammensetzung und Kristallform. Tschermak's mineralog. und petrograph. Mitteilungen, Bd. XXII, p. 393 (1903).

Digitized by Google

Hier ist $g_2 = 704$, ferner $a = 673$, $b = 61$, $c = 4$, woraus nach I das Gewicht beim Knickpunkte

$$G = 646 \cdot 7$$

sich ergibt. Da der Glühverlust beim Gewichte 639 den Betrag von 140 lieferte, so berechnet sich der Wassergehalt beim Knickpunkte

$$W = 22 \cdot 84\%.$$

Die Dichte der Säure von diesem Wasserstoffgehalte wurde schon früher zu 1·813 bestimmt, also etwas höher als an der aus Olivin gewonnenen Säure.

Als die von Wasser bedeckte Säure mit einer unzureichenden Menge von Natronlauge versetzt worden war, ergab die entstandene Lösung beim Eintrocknen eine durchscheinende Masse, die nach einigen Tagen grobkristallinisch erschien. Aus dieser wurden erhalten 120 *mg* SiO_2 und 114 NaCl, was zu dem Verhältnisse $Si_{1 \cdot 02}Na_1$ führt. Es ist fast dasselbe, wie es für die aus Olivin abgeschiedene Säure bestimmt wurde.

Das Calciumsilikat SiO_3Ca, welches, durch Schmelzen erhalten, hexagonale Kristalle bildet, wurde wegen des Vergleiches mit Wollastonit untersucht. Prof. Dölter in Graz stellte mir gütigst ein Präparat zur Verfügung, das er auf mein Ersuchen durch Schmelzen von gefälltem Calciumcarbonat mit Siliciumdioxyd dargestellt hatte. Der Dünnschliff zeigt Bündel paralleler Blättchen und außerdem eine geringe Menge Glasgrundmasse. Herr Prof. Becke konnte einige Blättchen prüfen, die mit der größten Fläche parallel der Schliffebene lagen. Dieselben zeigten unregelmäßige Umrisse und erwiesen sich optisch einachsig mit positiver Doppelbrechung, was mit J. H. L. Vogt's Beobachtung übereinstimmt.

Bei der Analyse wurden gefunden:

Siliciumdioxyd	48·44
Aluminiumoxyd	2·56
Eisenoxyd.....	1·42
Magnesiumoxyd	0·85
Calciumoxyd.....	45·88
Natriumoxyd	n. best.
	99·15

Digitized by Google

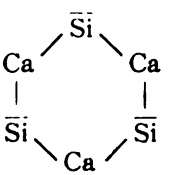
Das Verhältnis zwischen Si und Ca ist zwar 1 : 1·02, jedoch enthält das Produkt außer dem einfachen Calciumsilikat noch andere Verbindungen, die wohl zum Teile der Glasgrundmasse angehören. Die Bestimmungen an der abgeschiedenen Säure können daher nicht Anspruch auf strenge Gültigkeit machen.

Die gereinigte und getrocknete Säure wird durch Methylenblau tief berlinerblau bis schwarzblau gefärbt, also dunkler als bei Anorthit und Olivin. Die Trocknungskurve verläuft etwas unregelmäßig und der Knickpunkt tritt erst bei Gewichtskonstanz ein. Hier wurde an 825 der Säure ein Gewichtsverlust von 186 bestimmt, entsprechend einem Wassergehalte

$$\text{von } 22{\cdot}55\%.$$

Bei der Behandlung der gereinigten und von Wasser bedeckten Säure bei gewöhnlicher Temperatur mit unzureichender Menge Natronlauge bildete sich eine Lösung, aus der erhalten wurden $SiO_2 = 519\ mg$ gegen $NaCl = 429$, was zu dem Verhältnisse $Si_{1\cdot17}Na$ führt.

Das Verhalten der aus dem hexagonalen (oder trigonalen) Calciumsilikat gewonnenen Säure stimmt demnach mit jenem der Metakieselsäure nahe überein. Die Formel des Silikates im flüssigen Zustande wäre demnach SiO_3Ca zu schreiben. Für den kristallisierten Zustand ist nach meinem Dafürhalten wohl mindestens das Dreifache als Molekulargewicht anzunehmen, wonach mit einiger Wahrscheinlichkeit die Konstitution des kristallisierten Silikates durch das Bild



angedeutet wird.

Wollastonitgruppe.

Der Pektolith und der Wollastonit geben bei der Zersetzung durch Salzsäure eine Gallerte und am Grunde der Flüssigkeit eine leichte flockige Kieselsäure. Beim Verdünnen

Digitized by Google

mit Wasser wird fast die gesamte Kieselsäure flockig und es gingen bei meinen Versuchen bloß 1·7 bis 4·5% der ursprünglichen Menge des Siliciums in scheinbare Lösung über. Die erhaltene Kieselsäure zeigt bei der mikroskopischen Betrachtung einfach brechende längliche Splitter von der ursprünglichen Form des Pulvers. Die gereinigte und bis zum Knickpunkte getrocknete Säure hat denselben Wassergehalt wie die Metakieselsäure und wird durch Methylenblau tief berlinerblau gefärbt. Dieses Verhalten ist fast genau das gleiche wie jenes der Metasilikate.

Der Pektolith $Si_3O_9Ca_2NaH$ ist ein frisches, durchsichtiges Mineral, das in stengelig-strahligen Aggregaten vorkommt. Das Pulver des frischen Minerales wird durch Methylenblau berlinerblau gefärbt.

Zur Darstellung der entsprechenden Kieselsäure diente das Vorkommen von Bergenhill, N. J., aus welchem klare, durchsichtige Splitter ausgelesen wurden. An diesen wurde die Dichte = 2·892 bestimmt und die Zusammensetzung:

		Berechnet
Siliciumdioxyd	54·39	54·34
Aluminiumoxyd ...	Spur	—
Eisenoxyd	0·39	—
Manganoxydul	0·93	—
Calciumoxyd.....	31·96	33·65
Natriumoxyd	9·20	9·31
Wasser (Glühv.) ...	3·57	2·70
	100·44	100

Die trocknende Kieselsäure wurde täglich einmal gewogen und gab die Zahlen:

3942	2736	1371	672	668	665	663
1206	1365	699	4	3	2	

Hier ist $a = 1365$, $b = 699$, $c = 4$ und es ergibt sich als Gewicht beim Knickpunkte

$$G = 1371 - 697 = 674.$$

Digitized by Google

Der Glühverlust beim Gewichte 663 betrug 142. Somit berechnet sich der Wassergehalt beim Knickpunkte

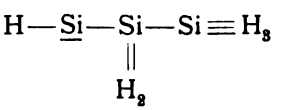
$$W = \frac{142+674-663}{674} = 22{\cdot}70\%.$$

Die Bestimmung der Dichte in diesem Zustande gab in zwei Versuchen die Zahlen 1·810 und 1·814. Diese Kieselsäure gibt auch weiterhin an trockene Luft Wasser ab. Bei einer Temperatur von ungefähr 15° wird das Gewicht nach drei Monaten konstant. Die Trocknungskurve scheint demnach einen zweiten Knickpunkt zu durchlaufen. Bei der Beobachtung an 900 *mg* betrug jetzt der Glühverlust 157, also 17·44%, was der Formel $Si_3O_8H_4$ entspricht, welche 16·59% Wasser fordert.

Die frisch bereitete, reine, von Wasser bedeckte Kieselsäure wurde in der schon früher angeführten Art mit verdünnter Natronlauge zusammengebracht und bei gewöhnlicher Zimmertemperatur durch drei Tage der Einwirkung überlassen. Die hierauf abgegossene Lösung lieferte nach dem Eintrocknen eine durchscheinende amorphe Masse, die 912 *mg* SiO_2 gegen 589·4 *mg* NaCl ergab, was genau dem Verhältnisse Si_3Na_2 entspricht.

Dieses Resultat, welches die Bildung eines sauren Salzes $Si_3O_9Na_2H_4$ verrät, weicht von der an der Metakieselsäure gemachten Beobachtung ab, welche ungefähr auf das Verhältnis Si_1Na_1 führte, und deutet darauf hin, daß die aus Pektolith erhaltene Säure nicht Metakieselsäure sei, sondern eine höhere Zusammensetzung, nämlich $Si_3O_9H_6$, besitze. Diese Säure wäre als Pektolithsäure zu bezeichnen.

Was die Konstitution derselben betrifft, würde unter den hier möglichen vier Isomeren jene die größte Wahrscheinlichkeit für sich haben, welche der Zusammensetzung des Pektolithes am besten entspricht und bezüglich der Bindung der Siliciumatome am wenigsten von der Metakieselsäure abweicht, nämlich:



Digitized by Google

Der Wollastonit $Si_3O_9Ca_3$ zeigt in der Kristallform und Spaltbarkeit eine sehr große Ähnlichkeit mit dem Pektolith. Durch Methylenblau wird der Wollastonit blaßblau gefärbt.

Zur Untersuchung diente mir das Mineral von Orawitza im Banat, aus welchem durchsichtige klare Splitter gewonnen wurden, an welchen die Dichte = 2·921 bestimmt wurde und die Zusammensetzung:

Siliciumdioxyd	51·87	51·85
Eisenoxydul	0·30	—
Manganoxydul	0·51	—
Magnesiumoxyd...	0·05	—
Calciumoxyd	46·69	48·15
Wasser (Glühv.) ...	1·14	—
	100·56	100

Beim Trocknen der hieraus dargestellten Kieselsäure wurde nicht immer das gleiche Verhalten beobachtet, obwohl das Verfahren immer dasselbe war. Zwei Versuche führten auf eine Kurve, deren Knickpunkt erst bei der Gewichtskonstanz eintrat. Beim Gewichte von 1304 ergab sich ein Glühverlust von 307, was auf einen Wassergehalt von 23·45% leitet. Beim Gewichte von 981 wurde der Glühverlust von 228·5 beobachtet, woraus 23·30% Wasser sich berechnen. Bei einem ferneren Versuche wurden bei täglich einmaliger Wägung folgende Zahlen erhalten:

2640	2004	1410	1116	1100	1096
636	594	294	16	4	

Hier ist $a = 594$, $b = 294$, $c = 16$, wonach

$$G = 1410 - 285 \cdot 7 = 1124 \cdot 3.$$

Beim Gewichte 1096 betrug der Glühverlust 222 und so wird für den Wassergehalt beim Knickpunkt erhalten:

$$W = \frac{222 + 1124 \cdot 3 - 1096}{1124 \cdot 3} = 22 \cdot 26\%.$$

Zwei Versuche gaben beim Knickpunkt einen Wassergehalt von ungefähr 33% und bei konstantem Gewichte von

Digitized by Google

ungefähr 19%, was den Verhältnissen Si_8H_{10} und Si_8H_5 entspricht. Es scheint, daß unter Umständen, die ich nicht ermitteln konnte, eine Zerlegung der Pektolithsäure in Orthokieselsäure und Metakieselsäure eintritt.

An einer Menge von 2315 beim Knickpunkte wurde die Dichte zu 1·812 bestimmt.

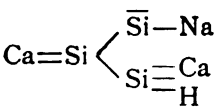
In trockener Luft verliert diese Säure fortwährend an Gewicht. Bei einer Temperatur von ungefähr 15° trat nach drei Monaten ein Stillstand ein, der nun längere Zeit andauerte. Während dieser Zeit war der Glühverlust 16·87%, was der Zusammensetzung $Si_8O_8H_4$ entspricht, welche 16·59% Wasser fordert.

Als die frisch dargestellte und gereinigte Säure mit einer zur Auflösung unzureichenden Menge verdünnter Natronlauge versetzt wurde, bildete sich bei gewöhnlicher Zimmertemperatur nach drei Tagen eine Lösung, die 695 *mg* SiO_2 gegen 450 *mg* NaCl lieferte, was dem Verhältnisse $Si_8Na_{2\cdot01}$ entspricht.

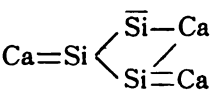
Die aus Wollastonit erhaltene Säure zeigt demnach die gleichen Eigenschaften wie jene, die aus Pektolith dargestellt wurde. Wenn der Pektolith sich von der Säure $Si_8O_9H_6$ ableitet, so gilt dasselbe auch für den Wollastonit, dem nun die Formel $Si_8O_9Ca_8$ zugeschrieben würde. Der Wollastonit wäre pektolithsaures Calcium, also von dem durch Schmelzen erhaltenen Calciumsilikat SiO_3Ca, das von der Metakieselsäure abzuleiten ist, chemisch verschieden.

Wenn diese Auffassung, welche durch fernere Versuche vollständiger zu begründen wäre, als richtig angenommen wird, so könnte die wahrscheinliche Konstitution der beiden Silikate durch folgende Bilder angedeutet werden:

Pektolith



Wollastonit



Die Verdoppelung dieser Molekulargrößen würde zu einer der monoklinen Kristallform entsprechenden monosymmetrischen Anordnung führen.

Digitized by Google

Abkömmlinge der Granatsäure $Si_3O_8H_4$.

($SiO_2 = 83{\cdot}41$, $H_2O = 16{\cdot}59$.)

Die aus Grossular, Epidot, Zoisit, Prehnit erhaltene Kieselsäure scheidet sich in kleinflockiger, oft wollähnlicher Form ab. Unter dem Mikroskop zeigt dieselbe kleine Ballen, welche aus isotropen Splittern von der Form des ursprünglichen Pulvers bestehen. Von dieser Kieselsäure löste sich nur eine sehr geringe Menge, ungefähr $0{\cdot}2\%$, in der angewandten Salzsäure. Die reine getrocknete Säure wird durch Methylenblau blaßblau bis hellblau gefärbt.

Da die genannten Minerale von Salzsäure bei gewöhnlicher Temperatur wenig angegriffen werden, so war ich genötigt, zur Zersetzung derselben eine höhere Temperatur anzuwenden. Dieselbe betrug aber höchstens 70°, wobei die vollständige Zersetzung von 2 bis 3 *g* des geschlämmten Pulvers bis zu drei Wochen in Anspruch nahm. Anfangs gebrauchte ich ein besonders konstruiertes Wasserbad, wobei die Operation des Nachts unterbrochen wurde, später konnte ich einen elektrischen Ofen benützen und die Zersetzung ohne Unterbrechung durchführen.

Es war nun zu besorgen, daß durch die erhöhte Temperatur die abgeschiedene Kieselsäure in ein wasserstoffärmeres Gemenge verwandelt wird. Die Prüfung des Verhaltens der Orthokieselsäure, die durch fünf bis zehn Tage unter Wasserbedeckung bei einer Temperatur von 80° erhalten wurde, hatte gezeigt, daß nunmehr die Säure verändert war und statt der ursprünglichen $37{\cdot}3\%$ nur mehr bloß 28 bis 20% Wasser lieferte.

Indes gaben Versuche, die mit kleinen Mengen feinsten, durch Schlämmen erhaltenen Grossularpulvers bei 30° und langdauernder Zersetzung, dann bei 60° und kürzerer Zeitdauer angestellt wurden, eine Säure von gleichem Wasserstoffgehalt. Ebenso ergaben die Produkte, welche bei 60° nach verschieden langer Behandlung der Mineralpulver erhalten worden waren, fast das gleiche Resultat. Daraus darf man wohl schließen, daß die Zersetzung bei einer Temperatur, die nicht über 70° steigt, die ursprünglich gebildete Säure liefert.

Digitized by Google

Zur Untersuchung des Grossulars $Si_3O_{12}Al_2Ca_3$ dienten schöne, blaßgrüne, durchscheinende Kristalle vom Wiluiflusse, aus welchen klare Splitter ausgelesen wurden. An diesen wurde die Dichte 3·575 bestimmt und die Zusammensetzung:

		Berechnet[1]
Siliciumdioxyd ...	39·20	39·28
Aluminiumoxyd ..	19·19	18·46
Eisenoxyd	5·21	5·78
Manganoxydul ...	0·37	—
Magnesiumoxyd..	0·81	—
Calciumoxyd	35·77	36·48
	100·55	100

An der daraus abgeschiedenen Säure wurden durch Trocknen bei täglich zweimaliger Wägung die Zahlen erhalten:

M	*A*	*M*	*A*	*M*	*A*
1821	1386	1053	977	971	966
435	333	76	6	5	

Hier ist $a = 333$, $b = 76$, $c = 6$, $\gamma = \frac{11}{13}$, wonach sich ergibt:

$$G = 1053 - 72 \cdot 3 = 980 \cdot 7.$$

Der Glühverlust beim Gewichte 966 betrug 159 und so berechnet sich der Wassergehalt beim Knickpunkte

$$W = \frac{195 + 980 \cdot 7 - 966}{980 \cdot 7} = 17 \cdot 71\%.$$

Andere Bestimmungen lieferten die Zahlen 16·98 und 17·38%. Eine Säuremenge, die schon durch zwei Tage konstantes Gewicht zeigte, gab 16·40%. Die aus Grossular erhaltene Säure soll als Granatsäure bezeichnet werden, deren Zusammensetzung durch $Si_3O_8H_4$ ausgedrückt wird. Derselben entsprechen 83·41 SiO_2 und 16·59 Wasser.

[1] 5 Al : Fe.

Digitized by Google

Für die Dichte der Säure beim Knickpunkte wurden die Werte 1·910 und 1·906 gefunden. Vergleicht man die Zusammensetzung der Granatsäure $Si_3O_8H_4$ mit jener des davon abzuleitenden Grossulars $Si_3O_{12}Al_2Ca_3$, so zeigt sich, daß schon das hier angegebene Calcium mehr ausmacht, als zur Sättigung der Säure nötig ist; daher muß wenigstens die Menge Ca_2 an Aluminium gebunden sein. Die Gruppe $Al_2O_4Ca_2$ wäre daher zweiwertig. Nach Analogie der Aluminate wie Spinell Al_2O_4Mg würde in der Tat die Gruppe Al_2O_4 durch Ca abgesättigt und es blieben noch zwei Valenzen frei. Wenn demnach zweimal die einwertige Gruppe CaOAlO angenommen wird, so erscheint jetzt der Grossular als das neutrale Alumosilikat $Si_3O_8(CaOAlO)_2Ca$. Dementsprechend wird man für die Konstitution der Granatsäure unter den hier möglichen neun Fällen jenen bevorzugen, der zwei verschiedene Paare von Wasserstoffatomen aufweist gemäß dem Bilde:

$$\begin{matrix} H- & & -\bar{Si}-H \\ H- & Si & -\underline{Si}-H \end{matrix}$$

Vom Zoisit $Si_3O_{13}Al_3Ca_2H$ konnten die klaren grünen Kristalle des Vorkommens von Ducktown in Tenn. benützt werden, und zwar von derselben Stufe, die mir vor längerer Zeit zur Bestimmung der Kristallform des Zoisits diente.[1] Damals wurde die Dichte 3·367 bestimmt und von L. Sipöcz die Zusammensetzung:

		Berechnet
Siliciumdioxyd	39·61	39·76
Aluminiumoxyd ...	32·89	33·64
Eisenoxyd	0·91	—
Eisenoxydul	0·71	—
Magnesiumoxyd...	0·14	—
Calciumoxyd	24·50	24·62
Wasser	2·12	1·98
	100·88	100

Bei der Zersetzung, die unter den beim Grossular erwähnten Umständen erfolgte, schied sich die Kieselsäure in

[1] Diese Sitzungsber., Bd. LXXXII, Abt. I, p. 143 (1880).

Digitized by Google

gleicher Weise und mit derselben Beschaffenheit ab wie bei der Zerlegung des Grossulars. Die beim Trocknen und täglich einmaliger Wägung erhaltenen Zahlen waren:

4723	3804	1779	751	713	712
1419	1525	1028	38	1	

Hier ist $a = 1525$, $b = 1028$, $c = 38$, wonach sich bestimmt:

$$G = 1779 - 1015 \cdot 3 = 763 \cdot 7.$$

Da der Glühverlust beim Gewichte 712 den Betrag von 75 lieferte, so berechnet sich der Wassergehalt beim Knickpunkte:

$$W = \frac{75 + 763 \cdot 7 - 712}{763 \cdot 7} = 16 \cdot 59\%.$$

Die aus Zoisit erhaltene Säure ist demnach mit der Granatsäure zu identifizieren. Da die Zusammensetzung des Zoisits von der des Grossulars dadurch verschieden ist, daß dort anstatt Ca die Gruppe AlOH eintritt, so ist im Zoisit die Gruppierung $Si_3O_8(CaOAlO)_2AlOH$ anzunehmen.

Der Epidot ist nach E. Ludwig als eine isomorphe Mischung zweier Verbindungen anzusehen, wovon die eine dasselbe Silikat ist, welches der Zoisit darstellt, während das zweite Eisenoxyd enthält. Da die Analysen der Epidote bisher niemals mehr als ungefähr 17% Eisenoxyd geliefert haben und für das Silikat $Si_3O_{13}Al_2FeCa_2H$ sich 16·49% Eisenoxyd berechnen, so glaube ich annehmen zu dürfen, daß der zweiten im Epidot enthaltenen Verbindung diese Zusammensetzung zukommt. Zur Untersuchung diente eine Probe desselben Materiales, welches Ludwig zuletzt zu seinen Analysen benützte. Es sind schöne, klare, tief grasgrüne Kristalle von Untersulzbach, an welchen von ihm die Dichte zu 3·466 bestimmt wurde und die Zusammensetzung:[1]

[1] Mineralog. und petrogr. Mitteilungen, Bd. IV, p. 159 (1882); auch in der Zeitschr. für Kristallographie u. M., Bd. 6, p. 175 (1882).

Digitized by Google

		Berechnet[1]
Siliciumdioxyd	37·83	37·87
Aluminiumoxyd ...	23·43	23·61
Eisenoxyd.....	13·31	13·19
Eisenoxydul	0·48	—
Calciumoxyd.....	23·47	23·45
Wasser	2·06	1·88
	100·58	100

Das Verhalten der daraus dargestellten Kieselsäure war das gleiche wie bei den zwei vorher genannten Mineralen. Beim Trocknen wurden bei täglich einmaliger Wägung erhalten:

4673 3313 1990 | 1013 969 965
1360 1323 977 44 4

Demnach ist in diesem Falle $a = 1323$, $b = 977$, $c = 44$ und es berechnet sich

$$G = 1990 - 965 \cdot 2 = 1024 \cdot 8.$$

Hieraus und dem bei Gewicht 965 beobachteten Glühverluste von 118 ergibt sich der Wassergehalt beim Knickpunkte

$$W = \frac{118 + 1024 \cdot 8 - 965}{1024 \cdot 8} = 17 \cdot 35\%.$$

Somit stimmt auch die aus dem Epidot erhaltene Kieselsäure mit der Granatsäure überein.

Bei dem Versuche mit einer zur Auflösung nicht hinreichenden Menge von Natronlauge, wobei die Granatsäure längere Zeit bis zirka 60° erwärmt wurde, bildete sich eine Lösung, die 175 *mg* SiO_2 gegen 230 NaCl ergab. Ein Versuch bei 20° ergab 199 SiO_2 gegen 285 NaCl. Die Verhältnisse sind $Si_3Na_{4 \cdot 08}$ und $Si_3Na_{4 \cdot 02}$. Demnach wird der gesamte Wasserstoff der Granatsäure durch Natrium ersetzt und die Lösung entspricht einem neutralen Salze, während bei andern Kieselsäuren sich eine Lösung bildet, welche die Verhältnisse eines sauren Salzes erkennen läßt.

[1] 14 Al : 5 Fe.

Digitized by Google

Nach den vorstehenden Resultaten ist der Epidot von der Granatsäure $Si_3O_8H_4$ abzuleiten. Vom Grossular $Si_3O_{12}Al_2Ca_3$ unterscheidet sich das nur Aluminium enthaltende Epidotsilikat $Si_3O_{13}Al_3HCa_2$ dadurch, daß hier AlOH statt Ca eintritt. Für dieses Silikat wäre demnach die Gliederung $Si_3O_8(CaOAlO)_2AlOH$ anzunehmen, während für das zweite im Epidot enthaltene Silikat die Gliederung $Si_3O_8(CaOAlO)_2FeOH$ gelten würde.

Zur Prüfung des Prehnits $Si_3O_{12}Al_2Ca_2H_2$ dienten reine Kristalle des Vorkommens von Ratschinges in Tirol, an welchen die Dichte 2·9325 bestimmt wurde und die Zusammensetzung:

		Berechnet[1]
Siliciumdioxyd	44·05	43·60
Aluminiumoxyd ...	23·19	23·64
Eisenoxyd	1·52	1·48
Calciumoxyd	27·12	26·95
Wasser	4·35	4·33
	100·23	100

Die Kieselsäure lieferte, täglich einmal gewogen, beim Trocknen die Zahlen:

4614 2995 1472 | 1016 1012 1011
1619 1523 456 4 1

Hier ist $a = 1523$, $b = 456$, $c = 4$, woraus

$$G = 1472 - 453 \cdot 2 = 1018 \cdot 8$$

sich berechnet. Da der Glühverlust beim Gewichte 1011 den Betrag 172 ergab, so folgt für den Wassergehalt beim Knickpunkte:

$$W = \frac{172 + 1018 \cdot 8 - 1011}{1018 \cdot 8} = 17 \cdot 65\,\%.$$

Da die Eigenschaften der hier erhaltenen Kieselsäure die gleichen sind wie jene der Granatsäure $Si_3O_8H_4$, so ist auch der Prehnit von dieser abzuleiten. Die Zusammensetzung des letzteren unterscheidet sich von der des Grossulars dadurch,

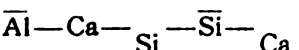
[1] Al : 0·04 Fe.

Digitized by Google

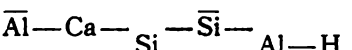
daß anstatt Ca im Prehnit H_2 eintritt. Demnach ist der Prehnit als ein zum Teile saures Salz $Si_3O_8(CaOAlO)_2H_2$ zu betrachten.

Der Bau der zuletzt angeführten Silikate läßt sich durch die folgenden Bilder veranschaulichen:

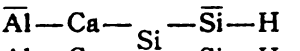
Grossular



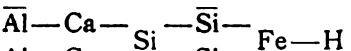
Al-Epidot



Prehnit



Fe-Epidot



Für Grossular im kristallisierten Zustande wäre zum mindesten das Dreifache der obigen Molekulargröße anzunehmen. Die im Epidot enthaltenen beiden Silikate würden bei der angeführten Gliederung ohneweiters dem monoklinen System entsprechen. Für den kristallisierten Zoisit (rhombisch) wäre hingegen das Doppelte der für Al-Epidot angegebenen Molekulargröße anzunehmen und ein gleiches würde wohl auch für den kristallisierten Prehnit gelten.

Die angeführten Versuche haben ergeben, daß zwei der Silikate des Typus SiO_4M_2, nämlich der Willemit und der Monticellit, von der Orthokieselsäure abzuleiten sind, während der Olivin SiO_4Mg_2 als ein Metasilikat zu betrachten ist. Da letzteres auch für den Anorthit gilt, so ist dieser Befund für die Paragenese von Olivin und Anorthit in den Felsarten von Bedeutung. Das künstliche hexagonale Calciumsilikat erscheint gleichfalls zu den Metasilikaten gehörig, der Wollastonit und der Pektolith sind hingegen von einer höher zusammengesetzten Säure, der Pektolithsäure $Si_3O_9H_6$, abzuleiten, welche im isolierten Zustand etwas unbeständig ist.

Der Grossular $SiO_{12}Al_2Ca_3$, der bisher auch als Orthosilikat gedeutet wurde, leitet sich von einer höher zusammengesetzten Säure der Granatsäure $Si_3O_8H_4$ ab und erscheint als ein Alumosilikat, in welchem nach der früheren Ausdrucks-

Digitized by Google

weise auch die Tonerde die Rolle einer Säure spielt. Der Epidot, Zoisit, Prehnit sind ebenfalls Abkömmlinge der Granatsäure und allen diesen ist die zweiwertige Gruppe $Si_3(CaOAlO)_2$ gemein. Durch diese Untersuchung und Vergleichung ist der erste Schritt getan, der zur Entzifferung der Konstitution der Alumosilikate leitet.

Die Bildung von Epidot nach Granat, die Paragenese von Epidot und Prehnit werden durch die gefundene chemische Ähnlichkeit aufgeklärt.

Die vorgenannten Beispiele zeigen auch, daß es vergeblich ist, aus der empirischen Formel ohne Zuhilfenahme des Experimentes Schlüsse auf die Konstitution der Silikate zu ziehen. Den von Haushofer, Clarke u. A. versuchten Gruppierungen kann demnach irgend ein Wert nicht zugesprochen werden.

Die durch Zersetzung der Silikate gewonnenen Resultate stützen sich vorläufig zumeist auf die empirische Formel derselben. Sie werden ihre volle Bedeutung erlangen, wenn es gelingt, die Molekulargröße dieser Verbindungen zu ermitteln.

Digitized by Google

Vorläufiger Bericht über physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet des Kleinen Mäander bei Ajasoluk (Ephesus)

von

Dr. **A. Grund** (Wien).

(Mit 1 Karte.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 1. Februar 1906.)

Durch die Bewilligung einer Subvention aus den Mitteln der Boué-Stiftung seitens der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien und gefördert durch die Gewährung freier Station im Hause der österreichischen Ausgrabungen des k. k. österreichischen archäologischen Institutes, wurde es mir ermöglicht, die geologisch-geographische Erforschung der Umgebung von Ajasoluk (Ephesus) in Angriff zu nehmen.

Die Veranlassung, die Umgebung von Ajasoluk (Ephesus) zum Objekt einer eingehenderen Untersuchung zu machen, war durch folgendes Problem gegeben.

Ajasoluk liegt zirka 2 *km* entfernt von der Stätte des alten Ephesus. Bereits seit längerer Zeit, seit 1895, sind hier die österreichischen Ausgrabungen des k. k. archäologischen Instituts im Gange. Sie förderten eine Reihe von Daten für die physische Geschichte der Gegend zu Tage, so daß Benndorf[1] in der Einleitung zum Ephesuswerke unter Verwertung sämtlicher literarischer Nachrichten bereits den Entwicklungsgang der Landschaft von Ephesus in antikhistorischer Zeit schildern konnte.

Aus diesem archäologisch-historischen Material ergab sich für das Mündungsgebiet des Kütschük Menderes (Kleinen

---

[1] Benndorf, Zur Ortskunde und Stadtgeschichte von Ephesos. Forschungen in Ephesos. I.

Digitized by Google

Mäander) eine horizontale Strandverschiebung zu Gunsten des Landes, die den außerordentlich großen Betrag von 8 *km* (Artemision-Küste) in historischer Zeit erreichen sollte.

Dieses beträchtliche Maß historischer Strandveränderungen legte es nahe, den archäologisch-historischen Befund durch den physiogeographischen zu prüfen und zu ergänzen, einerseits ob diese Strandverschiebung tatsächlich in so großem Maßstabe stattfand, und andererseits, was die Ursache dieser großen Verschiebung der Strandlinie war und wie und wann sich dieser Vorgang vollzog. Über diese Fragen konnte nur eine möglichst eingehende Untersuchung und Aufnahme der Umgebung des alten Ephesus Aufschluß geben, und zwar mußten hiebei die rezenten Ablagerungen die eingehendste Untersuchung erfahren.

Ich habe daher die zwei Monate September und Oktober 1905 für diesen Zweck verwendet.

Vorgreifend kann ich sagen, daß meine bisher gewonnenen Ergebnisse dem archäologisch-historischen Befunde in keiner Weise widersprechen, daß sich vielmehr in den meisten Fällen, abgesehen von kleinen Einzelheiten, die wünschenswerte Übereinstimmung ergab.

Als Grundlage der Untersuchung und Aufnahme benützte ich die Karte der »Umgebung von Ephesos (1:25000), aufgenommen von Hauptmann A. Schindler«. Leider erwies sich diese außerhalb der nächsten Umgebung von Ajasoluk und Ephesus als im Detail unzuverlässig,[1] so daß der geologischen

[1] Die Karte ist dem oben genannten Ephesoswerke beigegeben, sie bezeichnet z. B. nördlich der Mündung des Kütschük Menderes im Sumpfe des Alaman Gjöl 2 Inseln, den Katrandschik und den Ada Tepe. Tatsächlich ist nur letzterer als Insel vorhanden, der Katrandschik bildet dagegen einen breit mit dem Festlande verwachsenen Vorsprung. Der Rücken zwischen dem Alaman Gjöl und östlich davon gelegenen Göbek Kilisse Gjöl ist von einem schroffen zackigen Kalkzuge gekrönt, der teils in der Karte fehlt, teils in der Cote 145 gänzlich unrichtig wiedergegeben ist. Die Bergumrisse, Wasserrisse und selbst größere Bäche sind im nordwestlichen Abschnitt zumeist unrichtig oder doch nur annähernd richtig dargestellt. Die Umgebung des unteren Endes des Tales von Arvalia ist teils durch Fehlen von Bergen und Wasserrissen, teils durch unrichtige Bergumrisse unrichtig dargestellt. Ebenso ist das südliche Talgehänge des Kütschük Menderes, östlich von der Eisenbahnbrücke, falsch in der Position.

Digitized by Google

Untersuchung fast immer auch topographische Korrekturen und Aufnahmen vorausgehen mußten, ein Umstand, der die Aufnahmen besonders im Alluvialland außerordentlich aufhielt. Besonders die Dünenlandschaft an der Mündung des Kleinen Mäander und die Altwässer desselben mußten ganz neu aufgenommen und in die Karte eingetragen werden.

Dieser Umstand, die Kürze der mir zur Verfügung stehenden Zeit und die Ungunst der Witterung, welche durch frühzeitiges Eintreten der Regenzeit eine verfrühte Versumpfung der Ebene herbeiführte, verhinderten den Abschluß der Untersuchung. Untersucht wurde bisher das Tal des Kütschük Menderes zwischen Ajasoluk und dem Meere sowie der größte Teil der zugehörigen Talgehänge, während die Untersuchung des Tales oberhalb von Ajasoluk noch nicht fertig ist.

Ajasoluk liegt zirka 8 *km* vom Meere (Golf von Scalanova) entfernt. Es liegt neben dem Tale des Kütschük Menderes am Südgehänge eines isolierten Hügels, der vor dem Ausgange zweier Seitentäler liegt. Das eine Tal, Kirkindsche Boghaz, kommt von E und mündet nördlich vom Hügel von Ajasoluk, das andere Tal, das des Derwent Dere, kommt von Süden und mündet westlich vom Hügel von Ajasoluk. Als 1 *km* breite Fläche geht es in die breite Alluvialfläche des Kütschük Menderes über, verbreitet sich aber südlich vor der Einmündung sogar auf 3 *km* zu einer großen Talweitung, die mit Feigengärten bepflanzt ist.

Aus dieser führt dann das Tal des Derwent Dere in einer schönen Kalkschlucht empor zum Sattel von Asisié, der den auch von der Eisenbahn benützten Übergang ins Flußgebiet des Großen Mäander ermöglicht.

Durch das Tal des von NE kommenden Kütschük Menderes, durch das Kirkindsche Boghaz und durch das Tal des Derwent Dere wird die östliche Umgebung von Ajasoluk in zwei Berggruppen aufgelöst. Zwischen dem Kleinen Mäander und dem Kirkindsche Boghaz liegt ein Bergland, das im Kurd-

---

Es ist um mehr als einen halben Kilometer zu weit nach Norden gerückt. Als einen Hauptmangel der Karte muß man es aber bezeichnen, daß ihr die Breitenbestimmung fehlt.

Digitized by Google

Tasch (435 *m*) gipfelt, nach dem ich es im folgenden benennen will. Zwischen dem Kirkindsche Boghaz und dem Derwent Dere liegt das Bergland des Gök Gedik. Es gipfelt in 753 *m* und stellt einen Ausläufer des Güme Dagh (Mesogis) dar.

Das Tal des Kütschük Menderes wendet sich bei Ajasoluk aus der SW-Richtung in die W-Richtung. Es hat eine breite Talsohle, die auf eine beträchtliche Verschüttung des Tales schließen läßt. Westlich von Ajasoluk wird es durch zwei im Tal aufragende Berge vom eigentlichen Deltalande getrennt. Der nördliche dieser Berge, der Kuru Tepe, ist ein regelrechter Inselberg, mitten im Alluviallande gelegen. Gegen ihn springt vom Nordgehänge des Tales her der Dschowassyr Dagh vor.

Der südliche der zwei Berge ist der Panajir Dagh. Zwischen ihm und dem Kuru Tepe fließt der Kütschük Menderes. Der Panajir Dagh hängt durch einen niedrigen Sattel von 46 *m* Höhe mit dem von NW nach SE streichenden Kamme des 358 *m* hohen Bülbül Dagh zusammen. Zwischen dem Panajir und Bülbül Dagh und westlich des Panajir Daghs lag einst Ephesus. Hinter dem Bülbül Dagh steigt das Land an, bis es im Ala Dagh die Höhe von 664 *m* erreicht. Der Bülbül Dagh endet im W mit dem Paulushügel (96 *m*) am Tal von Arvalia. Letzteres ist durch einen breiten Rücken, Pamudschak (215 *m*) genannt, vom Meere getrennt. Dieser verwächst im Süden mit den Ausläufern des Ala Dagh, welche im Vorgebirge Otusbir ins Meer vorspringen.

Das Nordgehänge des Deltalandes besteht samt dem Dschowassyr Dagh aus vier nach S vorspringenden Rücken. Zwischen und vor diesen liegen Sümpfe und drei Seen. Zwischen dem Dschowassyr Dagh (180 *m*) und dem im W folgenden Vorsprung Arabdschi liegt Sumpf und der See Tschakal-Boghaz Gjöl. Zwischen dem Arabdschi und dem nächsten Rücken des Hejbeli ist der See Göbek Kilisse Gjöl, zwischen dem Hejbeli und Indschirli (128 *m*) liegt der große Sumpf und See Alaman Gjöl, in welchen von N her beim Alaman Tschiftlik das Tal Alaman Boghaz einmündet.

Die Zusammensetzung dieser das unterste Laufstück des Kütschük Menderes begleitenden Höhen ist nun außerordentlich

Digitized by Google

mannigfaltig. Dadurch ist die verschiedenartige Umwandlung der einzelnen Abschnitte des Tales in historischer Zeit erklärt.

Die Gesteine ließen sich bis jetzt in drei Formationen gliedern. Die tiefstliegenden Gesteine sind bald wohlgeschichtete kristallinische Kalke, bald ungeschichtete Marmore von schwarzer, grauer und weißer Farbe, welche ich unter dem Namen der Bülbülschichten zusammenfasse. Sie ließen sich bis jetzt nicht deutlich voneinander scheiden, da sie allmählich ineinander übergeben und wechsellagern.

Die Bänderkalke werden mitunter reich an Quarz- und Glimmerzwischenlagen und es entwickeln sich mitunter Glimmerschieferschmitzen.

Über den Kalken der Bülbülformation folgt die Schieferformation. Die Auflagerung ist nicht immer einfach, sie scheint durch Wechsellagerung zu erfolgen, jedoch beobachtete ich am Ausgang des Kirkindsche Boghaz auch ein Verzahnen zwischen den obersteh Bülbül- und untersten Schieferhorizonten. Die Gliederung der Schieferformation ist noch nicht abgeschlossen. Zu unterst liegen Glimmerschiefer von glänzend schwarzgrauer, in den untersten Lagen von rötlicher Farbe. In ihnen finden sich Marmorlinsen und auch Linsen von Chloritschiefer. Letzterer lagert auch auf den Glimmerschiefern in einer mächtigen Schichtfolge.

In dieser treten in einem bestimmten Horizont grobkörnige Marmorzwischenlagen auf, jedoch ist noch nicht entschieden, ob alle diese Marmorvorkommnisse demselben Horizont angehören.

Konkordant auf den Chloritschiefer folgende Schichten wurden bis jetzt noch nicht gefunden.

Die Bülbülkalke und die Schiefer sind, wie besonders ihr Verzahnen und Wechsellagern beweist, sedimentäre, die Kalke sogar wahrscheinlich organogene Schichten, die aber eine beträchtliche Metamorphose zur kristallinischen Struktur durchgemacht haben. Alles Suchen nach organischen Resten blieb bisher ergebnislos. Sie sind jedenfalls Gesteine der sogenannten lydisch-karischen Masse Philippson's[1]

[1] Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Berlin 1905, p. 421—423.

Digitized by Google

und dürften in naher Verwandtschaft zu den attischen Marmoren und Schiefern stehen.

Beide Formationen sind in von SW nach NE streichende Falten gelegt. Sodann erlitten die Bülbülkalke und Schiefer eine intensive Zertrümmerung, denn erstere sind längs Bruchlinien von Kluftbreccien durchzogen und diese Brüche haben auch die aufgelagerten Schiefer in zahlreiche Schollen zertrümmert. Dieses Zerbrechen des alten Gebirges scheint erheblich jünger zu sein als die Faltung, die prämesozoisch war, denn auf die gefaltete und sodann eingeebnete Oberfläche lagern sich diskordant die jüngeren Kalke der Hejbeliformation. Es sind dichte Kalke, die zum Unterschiede von den grauen Bülbülkalken braune Farbe haben. In ihnen fanden sich organische Reste, die es wahrscheinlich machen, daß man es hier mit mesozoischen Kalken zu tun hat, jedoch wird erst die genauere paläontologische Untersuchung ergeben, ob sich diese Reste zu einer genaueren Altersbestimmung eignen.

Die Hejbelikalke beginnen vielfach mit Breccien und Grundkonglomerat, sie lagern übergreifend sowohl auf den Bülbülkalken als auf der Schieferformation. Sie sind in flache Mulden gebogen, welche W—E streichen. Sie selbst werden noch von Brüchen durchsetzt, welche vermutlich den Brüchen gleichzustellen sind, die die älteren zwei Formationen zertrümmern. Offenbar hat die in den flachen Mulden angedeutete zweite Faltung die alte Masse gestört.

Ob jüngere Gesteine als die Hejbeliformation vorkommen, konnte bisher mit Ausnahme historisch rezenter Ablagerungen noch nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Vor dem Westende des Bülbül Dagh liegen auf der Ostseite des Tals von Arvalia mächtige Konglomerate, welche sich bis zum Sattel beim Paulusgefängnis (68 *m*) emporziehen, sie erfüllen hier ein ehemaliges Tal im Bülbülkalk. Da aber die Untersuchung des Hinterlandes des Bülbül Dagh noch nicht in Angriff genommen werden konnte, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß man es hier mit Konglomeraten der Hejbeliformation zu tun hat, wenngleich ich es für wahrscheinlicher halte, daß sich diese Konglomerate als tertiär herausstellen werden.

Digitized by Google

Die Verteilung der Formationen ist nun derart, daß das Deltagebiet des Kütschük Menderes in Bülbülkalk eingesenkt ist, auf welchem Hejbelikalk auflagert, während die Schieferformation zumeist fehlt oder nur in geringfügigen Muldenüberresten vertreten ist. Die Hejbeliformation scheint ihr geschlossenes Hauptverbreitungsgebiet auf der Stelle der heutigen Nordhälfte des Deltalandes selbst gehabt zu haben, in welchem sie muldenförmig gelagert war, denn von hier aus erheben sich die dem Nordgehänge des Tales aufgelagerten Lappen von Hejbelikalk und keilen auf der schräg emportauchenden Unterlage von Bülbülkalk aus. So besteht der Indschirli aus einer Mulde von Hejbelibreccien, die gegen den Alaman Gjöl ausstreicht und unter welcher sowohl an der Südostspitze als besonders an der Nordseite des Alaman Gjöl die Bülbülkalke hervorkommen. Diese setzen sich auch jenseits des Alaman Boghaz in die Nordwesthälfte des Hejbeli fort. Die Südosthälfte des Hejbeli ist eine schräg gestellte Tafel von Hejbelikalk. Sie scheint sich im östlich gelegenen Vorsprung des Arabdschi fortzusetzen, jedoch konnte dieser nicht untersucht werden, und endet in der Westseite des Dschowassyr Dagh. Sonst besteht letzterer zum größeren Teil aus Bülbülkalk. Auch der aus Bülbülkalk aufgebaute Kuru Tepe bezeichnet mit den seiner Westhälfte aufgelagerten Fetzen von Hejbelikalk den östlichen Endpunkt der Hejbelimulde des Deltalandes. In ihrer östlichen Fortsetzung konnte bisher kein weiteres Vorkommen von Hejbelikalk nachgewiesen werden, vielmehr tritt hier in den Talgehängen des Kütschük Menderes nur der Bülbülkalk auf.

Auch in der südlichen Talseite des Deltalandes tritt, soweit man dies gegenwärtig sagen kann, die Schieferformation zurück, der Panajir und Bülbül Dagh sowie die Nordspitze des Pamudschak bestehen aus Bülbülkalk. Das Hinterland des Bülbül Dagh scheint dagegen gegen den Ala Dagh zu wieder aus einer Mulde von Hejbelikalk zu bestehen, desgleichen der Pamudschak. Gegen den Ala Dagh treten wieder ältere Gesteine auf, jedoch konnte dieses Gebiet noch nicht untersucht werden. Anders beschaffen ist das Land östlich des Derwent Dere. Hier konnte bisher die Hejbeliformation nicht nachgewiesen werden, nur die zwei älteren Formationen sind vorhanden. Und zwar

Digitized by Google

besteht der Gök Gedik, von dem aber bisher nur der nördliche Teil genauer untersucht wurde, vorwiegend aus der Schieferformation. Er erwies sich als in kleine Schollen zertrümmert, einzelne der Schollen bestehen aus Kalk der Bülbülformation. Gegen das Tal des Kirkindsche Boghaz heben sich die Bülbülkalke unter den Schiefern empor und bilden die malerischen Wände, welche das Tal begleiten. Nördlich des Kirkindsche Boghaz, im Bergland des Kurd Tasch, setzen sodann die Bülbülkalke den Sockel des Berglandes bis hoch empor zusammen. Die Schiefer sind nur in eingefalteten Mulden vorhanden, die erst weiter im NE gegen Belewi größere Flächen einnehmen. Im Kirkindsche Boghaz tritt gegen E eine Spaltung des Kalkzuges ein, zwischen welchem Glimmerschiefer auftritt, so daß das Quellgebiet des Flusses auf Schiefern liegt.

Die geschilderte Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung bewirkt, daß der Anteil der Flüsse an der Verlandung des Deltagebietes des Kütschük Menderes sehr verschieden ist. Das breite Tal des Kütschük Menderes ist in sehr jugendlicher Zeit versenkt und seither zum Teil wieder von den Flüssen verlandet worden.

Die von N im Bülbülkalk herabkommenden Täler und Wasserrisse bergen wasser- und schuttarme Bäche. Selbst der größte derselben, der Bach des Alaman Boghaz, hat ein ganz minimales Delta im Alaman Gjöl. All diese Bäche sind in der Talaufschüttung beträchtlich zurückgeblieben und ihre untersten versenkten Talstrecken sind noch unter Wasser, sie bergen die Seeflächen der drei Gjöls und die Sümpfe, welche zusammenhängend vom Dschowassyr Dagh an die Nordseite des Tales des Kütschük Menderes begleiten.

Die Täler der Südseite des Tales sind dagegen schuttreich, so das des Derwent Dere, das Kirkindsche Boghaz und selbst das Tal von Arvalia. Besonders reiche Schuttzufuhr erfährt der Derwent Dere aus dem Schiefergebiet von den Bächen, die vom Westgehänge des Gök Gedik herabkommen.

Das früher genannte breite Becken südlich von Ajasoluk ist von den Abflüssen desselben aufgeschüttet. Während man in der Schlucht im Oberlaufe des Derwent Dere und auch in einzelnen Gräben des Gök Gedik selbst im Hochsommer

Digitized by Google

fließendes Wasser antrifft, versiegt dieses, sobald es die Region der Talverschüttung erreicht. Alle Flußläufe des Beckens von Ajasoluk liegen daher zumeist trocken und bilden die Wege zwischen den Feigengärten; nur nach starken Regengüssen füllen sie sich mit Wasser und verheeren dann die Feigengärten durch ihre Vermurungen. Gleichwohl nehmen die Bewohner bei Anlage der Gartenmauern und Erdwälle, welche die Anpflanzungen umgeben, keinerlei Rücksicht auf diese Verhältnisse. Vielfach wird der Flußlauf direkt abgesperrt durch Erdwälle oder der Fluß soll sich mit dem ganz schmalen Raum eines Saumpfades zwischen Erdmauern begnügen. Dies hat zur Folge, daß der Fluß bei Regenzeit bald da, bald dort seitlich ausbricht und einen Feigengarten vermurt. Die Aufschüttung erfolgt deshalb zum großen Teil nicht in gleichmäßiger Böschung, sondern es bestehen kleine stufenförmige Niveauunterschiede zwischen den einzelnen Feigengärten, hervorgerufen durch die stauende Wirkung der Einfriedung der Parzellen. Diese stufenförmigen Absätze gaben auch im Raume westlich von Ajasoluk ein gutes Mittel ab, um die Grenze des Alluviums des Derwent Dere gegen das Alluvium des Kütschük Menderes genau zu bestimmen.

Das Alluvium des Derwent Dere, welches das Tal des Kütschük Menderes erreicht, ist feiner Schlamm, er ist grau und glimmerreich, zum Unterschied vom Alluvium des Kütschük Menderes, das wohl auch glimmeriger feiner Schlamm, aber von bräunlicher Farbe ist. Während beim Derwent Dere das gröbere Material im Becken von Ajasoluk zurückbleibt und nur das feinere Material den Kütschük Menderes erreicht, fehlt beim Kirkindsche Boghaz ein solches Klärungsbecken. Der ziemlich grobsandige Schutt wird hier in einem großen Fächer zwischen dem Hügel von Ajasoluk und dem Bergland von Kurd Tasch ausgebreitet. Dieser Fächer ließ sich in vier verschieden alte Schuttkegel auflösen. Wieder sind hier die Flußläufe zur Trockenzeit als Wege in Verwendung, wieder sind sie von Erdwällen und Feigenanpflanzungen begleitet. Die Schuttkegel des Kirkindsche Boghaz und auch die des Beckens von Ajasoluk weisen die bezeichnenden Merkmale akkumulierender Torrente auf. Der Fluß fließt erhöht in einer Rinne

Digitized by Google

und schüttet von hier aus nach beiden Seiten geneigte Flächen auf. Ebenso erfolgt auch die Akkumulation seitens des Kütschük Menderes. Dieser fließt zwischen 2 bis 3 *m* hohen Alluvialufern durch die Ebene. Altwässer zweigen von ihm ab und vereinigen sich wieder mit ihm. Stets steigt das Land gegen den Fluß und die Altwässer zu an. Bei Hochwasser füllen sich die Flußrinne und die Altwasser mit Wasser und der Fluß breitet, über die Ufer tretend, eine Alluvialschicht aus. Diese erfährt zur Trockenzeit noch vielfache Umlagerung durch den Wind, weshalb das Alluvium des Kütschük Menderes nur unvollkommene Schichtung aufweist. Indem nun die dem Kütschük Menderes zugeneigten Schuttkegel des Derwent Dere und des Kirkindsche Boghaz mit der vom Kütschük Menderes abgeneigten Aufschüttungsfläche zusammentreffen, müssen sich an der Grenze beider ungenügend trocken gelegte, feuchte Stellen und Sümpfe bilden. So liegt NW von Ajasoluk ein Sumpfgebiet zwischen den drei Schuttkegeln. In die Alluvialfläche des Kütschük Menderes reißen sodann der Derwent Dere und der Bach des Kirkindsche Boghaz Erosionsrinnen, um zum Hauptflusse zu gelangen.

Die Akkumulation des Hauptflusses hat aber noch nicht das ganze Tal trocken gelegt. Das trockene Alluvium ist beiderseits des Kütschük Menderes und seiner Altwässer nur zirka 1 *km* breit, dann beginnt in allmählichem Übergang der Sumpf. Ein solcher liegt östlich des Dschowassyr Dagh, ein anderer südlich des Flusses setzt den Sumpf von Ajasoluk nach W beiderseits der Straße nach Scalanova fort. Die größte zusammenhängende Sumpffläche liegt aber zwischen dem Dschowassyr Dagh und Indschirli. Sie bildet den Übergang zu den offenen Wasserflächen der drei Gjöls, aber der Sumpf zieht sich auch längs der Stranddünen nach S, fast bis zum Kütschük Menderes beim Pamudschak heran. Der Kütschük Menderes hat so von seinem untersten Laufstück höchstens zwei Fünftel mit seinem Delta erfüllt und trocken gelegt. Die Grenze von Sumpfalluvium und trockenem Flußalluvium war ziemlich schwer zu ziehen, im allgemeinen folgte ich der Vegetationsgrenze

Digitized by Google

Ein großer Teil der Sümpfe trocknet im Sommer aus, dann bedeckt sich der nackte Boden derselben mit Salzausblühungen. Das Grundwasser der Ebene ist nämlich bis Ajasoluk salzhaltig. Selbst Brunnen, die im anstehenden Kalk des Hügels von Ajasoluk gegraben wurden, liefern brackisches Wasser, desgleichen die Quellen, die auf der Südseite des Kuru Tepe aus Kalk entspringen. Die Erklärung dieser Tatsache dürfte mit der Geschichte des Deltagebietes zusammenhängen, daß man hier auf einem Boden ist, der in sehr junger Zeit dem Meere entrissen wurde, weshalb er noch mit Meerwasser erfüllt ist und erst nach und nach ausgelaugt wird. Die Flußalluvien sind jedoch nicht die einzigen Ablagerungen, die man im Tale antrifft, sondern neben ihnen erscheinen andere, marine, die beweisen, daß die Verlandung des Tales sehr jugendlich ist.

An der Küste zieht sich ein breiter Saum von Strandwällen aus feinem marinen Sand entlang. Er beginnt am Vorgebirge Otusbir und zieht sich zum Indschirli hinüber. Er spitzt sich nach N aus, wo beim Indschirli noch ein Ausfluß für den Alaman Gjöl offen steht. In der Mitte werden die Strandwälle vom Fluß durchbrochen. Die ganze Anlage derselben weist auf eine von S nach N verlaufende Küstenströmung, die eine Nehrung vor das Tal baute. Zum Teil ist der Sand der Nehrung äolisch zu Flugsanddünen umgelagert. Man kann im großen drei Züge solcher Flugsanddünen längs der heutigen Küste unterscheiden, welche jeweils längere Stillstandslagen des Küstensaumes bezeichnen. Der innerste zirka $^1/_2$ *km* von der Küste entfernte Zug (D_1 der Karte) muß in die Zeit der Kai- und Moloanlagen (*M* der Karte) fallen, welche am untersten Kütschük Menderes vorhanden sind. Diese Bauten lehnen sich an einen bis 20 *m* hohen Dünenwall, den Abalyboz Tepe, der dem Fluß entlang SW—NE verläuft, also senkrecht zu den Küstendünen steht. Die Bauten bestehen aus einem einseitig mit großen Quadern geschützten und dahinter mit hydraulischem Bruchsteinmauerwerk ausgefüttertem Kai, der aber am Westende des Abalyboz Tepe in einen beiderseitig mit großen Quadern geschützten Molo übergeht. Der Innenraum zwischen den Quadern ist wieder mit hydrau-

Digitized by Google

lischem Bruchsteinmauerwerk ausgefüllt und das ganze mit einem gesattelten Quaderpflaster bedeckt, das rund 1 *m* über dem Meeresspiegel liegt. Auch das meerseitige Ende des Molos ist noch unversehrt erhalten. Man bekommt den Eindruck, daß hier ein Molo zur Zeit seiner Anlage zirka 100 *m* weit in die offene See hinaussprang. Offenbar sollte er die Einfahrt in den Fluß schützen. Ob am anderen Ufer ein gleicher Molo vorhanden war, konnte noch nicht festgestellt werden.

Jedenfalls steht fest, daß die zwei äußeren Dünenreihen von Flugsand (D_2 und D_3 der Karte) jünger sind als der Molo. Sie liegen bereits in der Linie zwischen dem Vorgebirge Otusbir und dem Indschirli. Der innerste dritte Dünenwall liegt dagegen in der Linie Pamudschak—Indschirli und diese Linie kreuzt die Bauten am Flußufer gerade dort, wo der Molo mit dem Kai verwächst. Etwas nördlich vom Kreuzungspunkte beginnt der Flugsand des innersten Walles. Er markiert also den Stand der Küste zur Zeit der Moloanlage. Ein weiteres wichtiges Ergebnis ist, daß die Höhenlage des Molos jeden Gedanken an vertikale Niveauveränderungen in historischer Zeit seit dem Bau des Molos ausschließt. Vom Abalyboz Tepe schwenken auch östlich des innersten Flugsanddünenwalles marine Wälle gegen den Indschirli und das Felseneiland Ada Tepe ab, sie laufen in den Sumpf südlich des Alaman Gjöl aus. All diese Wälle sind älter als die Strandlinie des Molos.

Die verlandende Tätigkeit des Meeres bestand gewiß hier seit langem darin, daß es vorerst eine submarine Untiefe von Süden her quer über das tief versenkte Flußtal aufbaute. Deshalb ist das unterste Talstück zum guten Teil nur marin verlandet worden. Die innere Grenze dieser marinen Ablagerungen darf man bei den kleinen Sandvorkommnissen ansetzen, die bereits jenseits des Sumpfes aus dem Alluvium des Kütschük Menderes aufragen. Sie liegen $2^1/_2$ *km* vom heutigen Strand und wurden zwischen den zwei einander gegenüberliegenden Vorsprüngen des Pamudschak und Hejbeli Tepe abgelagert.

Östlich der eben genannten kleinen Sandvorkommnisse fand sich in der Alluvialebene des Kütschük Menderes bis zum

Digitized by Google

Kuru Tepe keine Spur von Strandwällen. Man könnte hiefür die Erklärung finden, daß der Fluß sie zerstört hat oder daß sie von diesem bereits verschüttet sind, denn die marinen Strandablagerungen liegen so niedrig über dem Meeresspiegel, daß sie mit dem Ansteigen der Alluvialfläche landeinwärts unter dieser verschwinden müssen. Aber auch in dem noch nicht verlandeten Sumpfterrain nördlich des Kütschük Menderes fanden sich bisher keine Strandwälle, sie scheinen daher überhaupt gefehlt zu haben.

Der dem linken Talgehänge entlang streichende Abalyboz Tepe findet eine Fortsetzung in inselförmigen Sandwällen, welche dem Laufe des Kütschük Menderes entlang bis zur Straße, die nach Scalanova führt, folgen. Bis hieher ließ sich der marine Ursprung nicht nur durch die Wallform und das Vorkommen von marinem Sande, sondern auch durch marine Fossilien, wie sie noch heute am Strande vorkommen, nachweisen. Östlich der Straße folgen Hügelwellen der Nordseite des Hafenkanals und des antiken Hafens von Ephesus. Sie sind offenbar zur Zeit des Bestandes von Ephesus intensiv bewohnt gewesen und deshalb mit einer zusammenhängenden Kulturschicht von Ziegel- und Gefäßtrümmern, Glasscherben und ortsfremden Steinen u. s. w. bedeckt, welche es verhindert, klare Beweise für ihre marine Natur zu finden, außer daß der Kulturboden sandig ist.

Die Anlage dieser Strandwälle ist jedenfalls älter als die sie bedeckende Kulturschicht. Aber diese selbst ist wieder älter als das nördlich davon gelegene Sumpfalluvium beiderseits der Straße nach Scalanova. Die Strandwälle fallen samt der Kulturschicht in vielfach mäandrierender niedriger Stufe nach N gegen das Sumpfalluvium ab.

Ein Fluß ist hier entlang geflossen und hat ein beträchtliches Stück des Dünenlandes zerstört. Daß dem so sei, ergab die Untersuchung des Sumpfterrains. In den Drainagegräben fanden sich Reste vom Fluß zerstörter Häuser und Sandreste mit marinen Fossilien. Da nun die teilweise Zerstörung der Strandwälle an der Stelle, wo heute der Sumpf liegt, durch den Fluß erfolgte, so ist dieser Vorgang selbst wieder älter als die Ablagerung des Sumpfalluviums und des Alluviums des

Digitized by Google

Kütschük Menderes, das nördlich des Sumpfes liegt. Die Nehrungsnatur der Hügelwelle nördlich des Hafens von Ephesus erklärt diesen und dessen Erhaltung. Die Strandwälle verbauten das Tal, das vom Sattel zwischen Panajir und Bülbül Dagh herabkommt, und schützten diese Lagune vor der Verlandung durch den Kütschük Menderes. Sie stellen aber keinen zusammenhängenden Wall, sondern nur langgezogene Inseln dar, denn der Kütschük Menderes hat sie an mehreren Stellen abwechselnd durchbrochen und ist bald da, bald dort in den Kanal südlich derselben eingedrungen.

Diese Durchbrüche sind im westlichen Teile gleich alt mit der Ablagerung des jüngsten Alluviums des Kütschük Menderes, das von Altwässern durchzogen wird, die vielfach zu den Durchbrüchen hinleiten. Im östlichen Teile sind diese in die Zeit der teilweisen Zerstörung der Kulturschicht und der Ablagerung der älteren Alluvien zu verlegen, die heute versumpft sind. Das Sumpfalluvium hat hier die ehemaligen Altwässer ausgefüllt.

Nördlich vom Panajir Dagh streichen zwei Reihen sandiger Hügelwellen nach ENE in der Richtung auf das Nordende des Hügels von Ajasoluk; auch sie sind mit Kulturschicht bedeckt. Sie stellen die Fortsetzung des Zuges von Strandwällen dar, der die Südseite des Tales begleitet. Nach N taucht die Kulturschicht unter das Alluvium des Kütschük Menderes unter, aber sie ist in der Erosionsrinne, in welcher der Derwent Dere zum Kleinen Mäander durchbricht, in $^1/_2$ bis 1 *m* Tiefe als $^1/_2$ *km* breiter Streifen überall aufgeschlossen. Leider läßt sich auch hier nicht ganz mit Sicherheit feststellen, daß sie auf marinem Sand auflagert; obgleich sich sandige Partien fanden, so reichen doch die Aufschlüsse nicht hinlänglich tief und sind vom Derwentalluvium vielfach verhüllt. Nördlich des Derwent Dere heben sich in der Fortsetzung des Kulturstreifens gegen den Kütschük Menderes hin zwei Hügelwellen empor, die auf den Kuru Tepe losstreichen. Sie sind oberirdisch mit, wie es scheint, äolisch vertragenem Alluvium des Menderes verhüllt, an der Südseite des Kuru Tepe kommt aber der Kern der Hügelwellen heraus, er besteht wieder aus Kulturschichten und feinem Sand. Dieser Sand findet dann

Digitized by Google

nördlich der Westspitze des Kuru Tepe eine Fortsetzung als ein Streifen, der sich einst bis zum Dschowassyr Dagh hinübergezogen haben dürfte. Jedoch ist hier die Untersuchung noch nicht abgeschlossen. Jedenfalls haben hier Strandwälle, die von den großen W—E verlaufenden abzweigten und zur Zeit des Bestandes von Ephesus bewohnt waren, den Panajir Dagh mit dem Kuru Tepe und dem Dschowassyr Dagh verbunden. Sie stellen eine Strandlinie dar, die älter ist als die Strandwälle und Dünen des Pamudschak, denn sie verdanken ihre Entstehung einem Zeitpunkt, wo die Küstenströmung noch ungehemmt von der Nehrungsbildung des Pamudschak stark in das Tal hereinflutete.

Zwischen dem Panajir Dagh und dem Hügel von Ajasoluk fand sich keine sichere Fortsetzung des großen Zuges von Strandwällen, der unter dem Alluvium des Derwent Dere untertaucht und vom Schuttkegel desselben verschüttet oder zerstört wurde, aber man darf seine Existenz durch die ENE verlaufenden Wälle nördlich des Panajir Dagh für bewiesen annehmen.

Auch die wahrscheinliche weitere Fortsetzung von der Nordspitze des Hügels von Ajasoluk zum Westende des Berglandes des Kurd Tasch ist unter dem Schuttkegel des Kirkindsche Boghaz begraben. Daß das Meer aber einst auch bis hieher und noch weiter aufwärts ins Kütschük Menderestal gereicht hat, beweist ein Sandstreifen, der, vom Menderesalluvium klar trennbar, zwischen dem Kuru Tepe und dem Bergland Kurd Tasch stellenweise an die Oberfläche kommt. Er stellt jedenfalls den Kamm einer Nehrung dar, welche den Kuru Tepe, der früher eine Insel gebildet haben muß, mit dem Festlande verband. Der Kuru Tepe ist wahrscheinlich die Insel Syrie, von der Plinius berichtet.[1] Wie weit sich das Meer noch weiter im Tale aufwärts erstreckt hat, konnte bisher noch nicht festgestellt werden. Die Schwierigkeit, Dünen festzustellen, wächst hier mit dem Ansteigen des Talbodens;

[1] Schon H. Kiepert erklärte den Kuru Tepe für die Insel Syrie (siehe Benndorf, Forschungen in Ephesos, I, p. 16).

Digitized by Google

bereits von Ephesus ab sind Dünen und Strandwälle nur mehr durch den Sand, nicht mehr durch marine Fossilien nachweisbar, weil nur mehr die höchsten Teile von äolisch umgelagerten Flugsanddünen an die Oberfläche gelangen. Daß aber das Meer noch in sehr später Zeit tief ins Tal hereinreichte, beweisen noch die ganz frischen marinen Klifferscheinungen, welche jeden ins Tal vorspringenden Vorsprung zu einer steilwandigen Brandungsklippe abgeschnitten haben. Besonders schön und frisch sind diese Beweise am Kuru Tepe und am Rande des großen Sumpfgebietes nördlich des Menderesdeltas.

Dies alles stimmt zur tiefen Lage des Artemisions. Der Stylobat des herostratischen Tempels lag 2·65—2·7 *m* hoch.[1] Das Marmorpflaster an der Westseite des Tempels liegt 1·08 *m* hoch.[2] Es dürfte, nachdem man über ihm nur Reste des VI. und V. Jahrhundertes v. Chr. gefunden hat,[3] nicht älter als der Tempel sein. Unter dem herostratischen Tempel haben aber bis 2 *m* Tiefe herabgehende Grabungen noch zwei ältere Heiligtümer, die also vor das VII. Jahrhundert v. Chr. anzusetzen sind, angetroffen.[4] Die untere Grenze dieser Grabungen liegt noch immer 0·6 *m* über dem Meere, so daß auch hier eine in historischer Zeit erfolgte Senkung des Landes zum mindesten noch nicht beweisbar ist. Zusammengehalten mit dem Molo und den Dünenzügen spricht der Befund eher für Stabilität in historischer Zeit.

Leider wurde bisher auf das Material, welches bei den Grabungen zu Tage gefördert wurde, zu wenig Rücksicht genommen, so daß keinerlei Angaben über dasselbe vorlagen.[5] Wie gegenwärtig der Befund liegt, muß man annehmen, daß

---

[1] Benndorf, Forschungen in Ephesos, I, p. 16.

[2] Benndorf, ebenda, I, p. 16.

[3] Ephesus, 2. Aufl., p. 8. Sonderabdruck aus dem Anzeiger der kaiserlichen Akademie des Wissenschaften, Jahrgang 1897. Sitzung der philos.-histor. Klasse vom 17. Februar.

[4] Benndorf, Forschungen in Ephesos, I, p. 110.

[5] Die englischen Grabungen des Frühjahres 1905 lagen leider tief unter der Grundwasserlache, die das Artemision erfüllte und deren Spiegel zirka 2·7 *m* hoch lag. Die anderen Gruben, die weniger tief hinabreichten, wurden von mir untersucht.

Digitized by Google

das Artemision auf der Innenseite von Strandwällen, welche den Panajir Dagh mit dem Hügel von Ajasoluk verbanden, erbaut wurde, und zwar auf (noch im VII. Jahrhundert v. Chr.) feuchtem Sumpfboden.[1] Offenbar lag es am Rande der noch nicht völlig verlandeten Lagune, welche das Becken südlich von Ajasoluk erfüllte. Der Derwent Dere und seine Zuflüsse haben diese bald nachher ausgefüllt und zugleich hat der Kütschük Menderes sein Delta sehr rasch talabwärts geschoben, denn die unter König Krösus in die Umgebung des Artemisions verlegte Stadt Ephesus ist bereits zur Zeit des jonischen Aufstandes vom Meere abgeschnitten.[2] Dieser rasche Vorstoß des Deltas des Kleinen Mäander wäre undenkbar, solange das Meer und dessen Küstenströmung frei bis ans Artemision heranreichte. Es muß daher schon vorher die Nehrungsbildung zwischen dem Panajir Dagh und Kuru Tepe eingetreten sein, welche die Meeresbucht zwischen dem Kuru Tepe und Ajasoluk als Lagune absperrte. Die Aufschüttung des Bodens in der Umgebung des Artemisions zwang, den Stylobat des neuen hellenistischen Tempels im IV. Jahrhundert v. Chr. auf 5·42 *m* Höhe zu heben.[3]

Die Untersuchung der englischen Ausgrabungslöcher am Artemision ergab, daß sich die antiken ziegelreichen Kulturschichten bis zirka 5 *m* Meereshöhe verfolgen lassen, einzelne Mauern ragen daraus bis 6·5 *m* Höhe empor. Diese stecken bereits in sandigen Flußablagerungen, die allmählich aus den Kulturschichten hervorgehen und arm an Kulturschutt werden. Es dürfte sich daher der Boden bis zum Jahre 401, wo der Dianakult von Ephesus aufhörte, auf 5 *m* erhöht haben, das gäbe für 1000 Jahre eine Erhöhung von 4 *m*, wenn man die Erhöhung seit dem VII. vorchristlichen Jahrhundert beginnen ließe, was noch keineswegs feststeht. Über dem nahezu kulturfreien Sand folgen in zirka 6 *m* Höhe neuerlich Kulturschichten, sie gehören der byzantinisch-seldschukischen Stadt Ajasoluk an, deren Reste bis 80 *cm* unter die heutige Oberfläche emporreichen und hier

[1] Benndorf, Forschungen im Ephesos, I, p. 16.
[2] Benndorf, ebenda, I, p. 57—58.
[3] Benndorf, ebenda, I, p. 16.

Digitized by Google

allmählich als umgelagerte Reste in die kulturarme neuzeitliche Ablagerung übergehen.

In dem längeren Zeitraume seit dem Untergang des Dianakults bis zum Untergang des seldschukischen Ajasoluk hat sich der Boden nur mehr um 3 *m* erhöht, seither nur um zirka 1 *m*. Die Aufschüttung des Derwent Dere und seiner Seitenbäche hat bereits einen großen Teil der mittelalterlichen Kulturschichten von Ajasoluk verhüllt, so daß diese nur um den Hügel von Ajasoluk hervortauchen und hier mit den rezenten Kulturschichten des Dorfes verwachsen.

Im V. Jahrhundert ist die Lagune zwischen Kuru Tepe und Ajasoluk bereits zu einem Sumpfe geworden.[1] Am Beginn des III. Jahrhunderts muß das Delta schon begonnen haben, über die Nehrung hinauszuwachsen, denn kaum, daß Ephesus von Lysimachus ans Meer verlegt ist, naht auch schon das Flußdelta heran. Wieder muß man annehmen, daß zwischen dem Pamudschak und Hejbeli Tepe und Indschirli die Nehrungsbildung bereits längst begonnen und so die Küstenströmung einen anderen Weg genommen haben muß, sonst hätte die Verlandung nicht so rasche Fortschritte gemacht. Dies stimmt zur Angabe des Strabo, welcher sagt, daß die Fischereirechte des Artemisions im selinusischen See bereits zur Zeit der Könige (jedenfalls meint er die hellenistischen Könige) bestanden.[2]

Als selinusischer See kann nach seiner Beschreibung nur die Lagune angesehen werden, welche durch die Nehrungsbildung des Pamudschak abgeschnürt wurde und welche zu Strabo's Zeit außer dem Alaman Gjöl noch den Göbek Kirlisse Gjöl mit umfaßte, während der Tschakal Boghaz Gjöl bereits durch das sich vorschiebende Sumpfland des Deltas von der Lagune abgetrennt war.

Damals im I. nachchristlichen Jahrhundert reichte das Delta somit bereits in die Gegend des heutigen Dorfes Burhanlar. Die Nehrung sperrte natürlich in dieser älteren Zeit die Lagune nicht als geschlossene Linie ab. Dies beweisen die

---

[1] Benndorf, Forschungen in Ephesos, I, p. 59.

[2] Strabo, XIV, 1. Jonia.

Digitized by Google

inneren niedrigen Dünen, die nur inselförmig aufragen, sondern die Nehrung ließ Einfahrten offen. Desgleichen muß man sich die Dünen, welche die Nordseite des Paulushügels und des Hafens von Ephesus begleiteten, als durch Lücken getrennte Inseln vorstellen. Deshalb kann die Felsinschrift des Paulushügels aus dem III. Jahrhundert, wenn sie wirklich die örtlichen Verhältnisse behandelt und nicht etwa irgendwie wieder verwendet wurde, vom Meere am Fuße des Paulushügels sprechen.[1]

Bereits 190 v. Chr. G. ist die Einfahrt in den Hafen von Ephesus schlauchartig und seicht.[2] Die Lagune im N des Hafens ist daher bereits durch das Kaysterdelta verlandet, so daß nur von W her hinter der Dünenkette die Einfahrt möglich ist. Damals stand also das Delta nördlich des Hafens von Ephesus.[3] Unter Attalus Philadelphus (159—138) macht man einen Versuch, die Reinigung des Hafens durch Zuhilfenahme von Ebbe und Flut durch Verengung der Hafeneinfahrt zu verbessern. Der Hafen ist also noch in Verbindung mit der See, der Versuch mißlingt aber, wahrscheinlich hörten in der Lagune die Gezeiten bereits auf.

Auch dieses Zeugnis spricht von der verlandenden Tätigkeit des Kleinen Mäander, der sein Delta um ein Stück, vermutlich in die Gegend NE des Paulushügels, vorgeschoben hatte und durch die Lücken der Dünenkette die Einfahrt gefährdete. Aus dieser und aus der folgenden Zeit stammen jedenfalls die Flußmäander und die teilweise Zerstörung und Umlagerung der Kulturschichten bei Ephesus.

Seither war die Hafeneinfahrt von Ephesus nur mehr künstlich offen zu halten, wie die Zeugnisse aus der Zeit Nero's und Hadrian's beweisen, welche von Baggerungen berichten.[4] Zu Strabo's Zeit und in den folgenden Jahrhunderten besteht bereits ein zweiter Hafen, der Panormus. Ich fand auf den Dünen nördlich des Pamudschak sehr viel Kulturschutt, Reste von Gebäuden und Kaianlagen. Ich meine daher,

---

[1] Benndorf, Forschungen in Ephesos, I, p. 18.
[2] Benndorf, ebenda, I, p. 20.
[3] Benndorf, ebenda, I, p. 19.
[4] Benndorf, ebenda, I, p. 20.

Digitized by Google

daß man den Panormus hier und nicht im Mündungstrichter des Arvaliatales anzusetzen hat.[1] Dies entspricht noch dem heutigen Zustand, denn der noch nicht völlig verlandete Sumpf, der den Alaman Gjöl umgibt, zieht sich bis zu den genannten Kulturresten heran.

Auffällig ist das Ergebnis, daß, wenn zur Zeit Strabo's das Delta bereits bei Burhanlar stand, die Deltabildung seither, also in 19 Jahrhunderten, nur ganz minimale Fortschritte gemacht hat, denn es steht 2 *km* westlich von Burhanlar. Es hat nur einen zweiten See, den Göbek Kilisse Gjöl, abgetrennt und die Lagune des Alaman Gjöl versumpft, aber diese noch längst nicht verlandet. Die Erklärung hiefür dürfte folgendermaßen zu suchen sein. Der Kütschük Menderes fließt heute bereits 3 *km* oberhalb der Mündung nicht mehr in seinem Alluvium, sondern zwischen den Strandwällen, die die Südseite des Tales begleiten. Der Fluß ist immer wieder in diesen Lauf zurückgekehrt, wie mehrere Durchbrüche durch die Wälle und dahin führende Altwässer beweisen.

Schon nach Strabo's Itinerar muß man annehmen, daß die Einfahrt zu den Häfen von Ephesus nicht mehr durch die selinusische Lagune, sondern durch das heutige Flußtal erfolgte. Der heutige Zustand, der eine Akkumulation durch den Fluß nahezu ausschließt, da er zumeist hohe Ufer hat, besteht also bereits seit sehr langer Zeit.

Der Fluß schafft sein Alluvium ins Meer hinaus, wo die Küstenströmung es erfaßt und verträgt. Die Deltabildung hat daher nahezu aufgehört. Der Landzuwachs erfolgt rein marin durch Angliederung neuer Strandwälle.

Durch den Eintritt des Kütschük Menderes in den unteren Teil des alten Hafenkanals war das obere Stück desselben und der Hafen selbst gefährdet, denn es unterlag wie ein Altwasser der Verlandung durch den Fluß. Hier vermute ich daher die Baggerungen zur Zeit Nero's und Hadrian's. Letzterer soll den Fluß abgeleitet haben, weil er die Häfen gefährdete. Dadurch war wohl ein Übel behoben, aber andrerseits erwuchs dadurch die Gefahr, daß das Meer die alte Flußmündung versande, die

[1] Benndorf, Forschungen in Ephesos, I, p. 48—49.

Digitized by Google

bisher durch den Fluß offen gehalten worden war. Deshalb möchte ich die Moloanlage an der Flußmündung, die jedenfalls den Zweck hatte, die Mündung vor Versandung zu schützen, Hadrian zuschreiben.[1]

Der Molo hätte freilich mit dem Landzuwachs immer wieder verlängert werden müssen. Statt dessen kehrte der abgeleitete Fluß in sein altes Bett zurück und hielt so die Mündung offen, aber er hat auch das obere Stück des Hafenkanals völlig verlandet, so daß der Hafen 1895 ein abgeschlossenes Becken bildete, das nur durch den Sumpf mit dem Flusse zusammenhing. Auch gegenwärtig, wo ein Entwässerungskanal es zum Flusse entwässert, lag sein Spiegel im Herbst 1905 fast 2 *m* hoch.[2] Deshalb sind die antiken Hafenbauten heute unter Wasser, aber sie liegen über dem Meeresspiegel.

Auch hier läßt sich daher die Unveränderlichkeit der Höhenlage in historischer Zeit nachweisen.

Nun zeigen die spätrömischen Bauten, z. B. die Arkadiusstraße und die Thermen des Konstantius, in der Umgebung des Hafens Hebungen des Straßenpflasters und der Fußböden durch Aufschüttung gegenüber den Anlagen der hellenistischen Zeit.[3]

Die Hebung des Hafenspiegels muß daher schon damals beträchtlich gewesen sein. In der älteren römischen Kaiserzeit war der Hafen bereits zum Flußhafen geworden, sein Spiegel hatte sich aber doch nur unbeträchtlich gehoben, wie die Hadrian'schen Hallen am Hafen beweisen, weil der Hafenspiegel noch ausreichend mit dem Meere in Verbindung stand. Nach Hadrian, aber noch in der römischen Zeit muß der Fluß somit in sein altes Bett zurückgekehrt und den Hafen abgesperrt haben. Die Hafenlagune und das sumpfige Deltaland im N machten begreiflicherweise die Stadt zu dieser Zeit

---

[1] Benndorf, Forschungen in Ephesos, I, p. 20. deutet diese Möglichkeit gleichfalls an.

[2] Wenn die Höhenkoten beim Hafen soweit verläßlich sind.

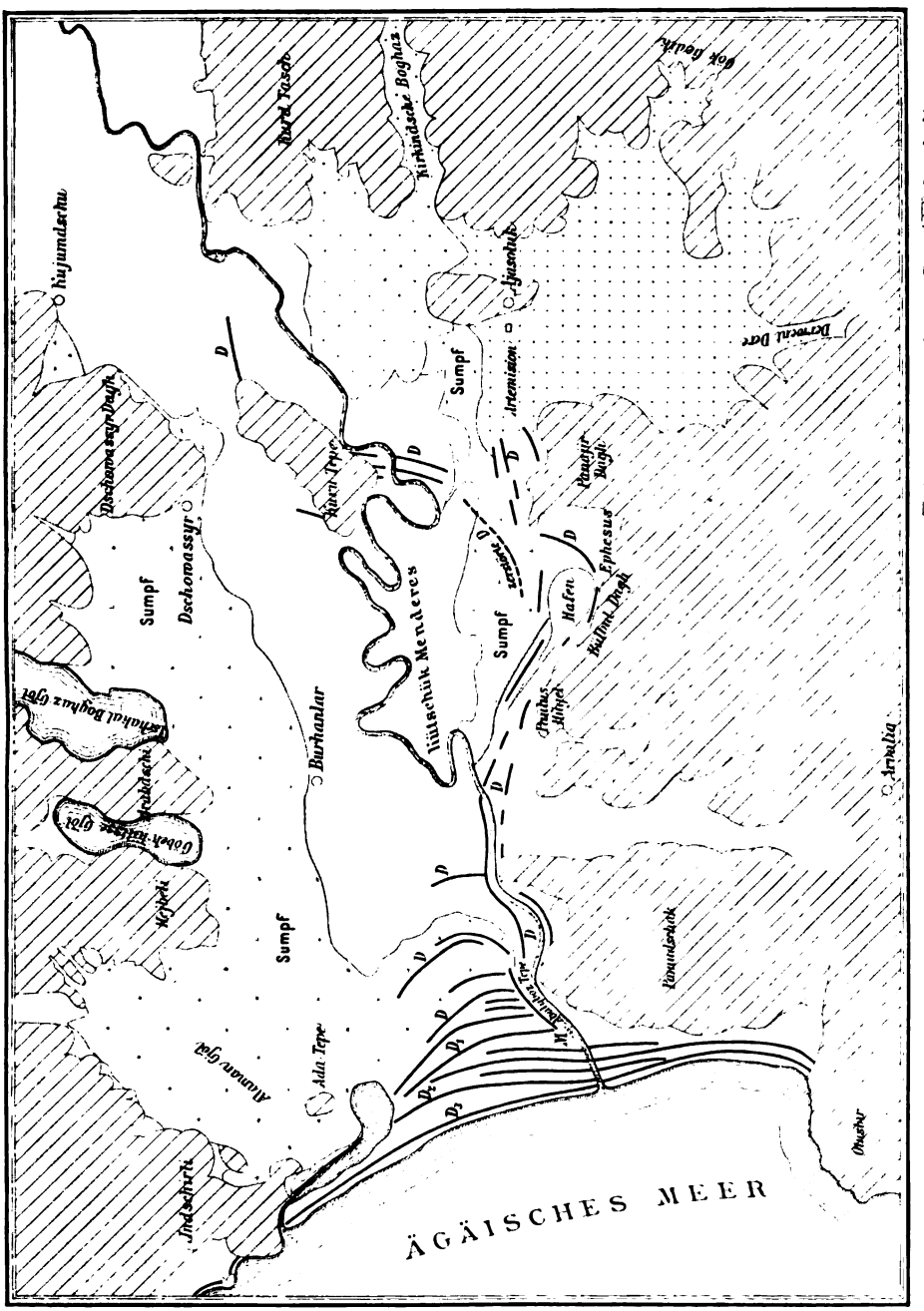
[3] Heberdey, Sonderabdruck p. 7 aus dem »Anzeiger« (Jahrgang 1902, Nr. VII vom 5. März) der phil.-histor. Klasse der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien.

Digitized by Google

zu einem sehr ungesunden Aufenthaltsort, zudem war sie ihres Hafens beraubt, sie war dem Untergang geweiht. Hat so seit dem Beginn der christlichen Zeitrechnung die Deltabildung des Kleinen Mäander nur geringe Fortschritte gemacht, so erfolgte seither der größte Landzuwachs durch das Meer. Entspricht die Küstenlinie des Molos der Hadrianischen Zeit, so sind die davorliegenden, fast 1 *km* breiten Dünen, die am Vorgebirge Otusbir anknüpfen, mittelalterlicher und neuzeitlicher Entstehung. Die inneren Strandwälle sind hellenistisch, die Nehrung des Kuru Tepe gehört der hellenischen Epoche an, die Sandwälle auf der Südseite des Tales entstammen der archaischen Epoche, zum Teil sind sie aber noch älter als diese, somit prähellenisch. Diese Nehrungen haben nacheinander Teile des versenkten Tales abgesperrt und so die Verlandung der Lagunen durch das Delta herbeigeführt. In der kurzen Zeit der sieben vorchristlichen Jahrhunderte hat sich dieser Vorgang der Ausfüllung des Tales abgespielt und sich die Ausgleichküste entwickelt, die erst dann einer Fortentwicklung fähig ist, wenn vom Vorsprung von Scalanova her eine weitere Nehrungsbildung gegen N hin erfolgt. Das rasche Vorrücken des Deltas in dieser Zeit macht es unbedingt erforderlich, daß die vorhergegangene Senkung und Untertauchung des Tales ganz kurz vor der historischen Zeit erfolgt sein muß. Seither ist aber dieser Teil der kleinasiatischen Küste in Ruhe geblieben, denn alle bisher gefundenen historischen Reste sprechen gegen vertikale Niveauveränderungen in historischer Zeit. Hoffentlich ist es mir ermöglicht, diese Studien auch auf die beiden Nachbardeltas des Gedis Tschai (Hermos) und Böjuk Menderes (Großer Mäander) auszudehnen, um zu prüfen, ob meine Ergebnisse auch dort Bestätigung finden. Ein weiteres Problem, das noch ungelöst ist, ist ferner, wie weit das Meer bei der Senkung in den Flußtälern landeinwärts gedrungen ist.

Digitized by Google

A. Grund: Delta des Kleinen Mäander.



Digitized by Google

Digitized by Google

Hiekel R., Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Soorerregers (*Dematium albicans* Laurent = *Oidium albicans* Robin.).
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159–197.

Morphologie und Physiologie, Beiträge zur — des Soorerregers (*Dematium albicans* Laurent = *Oidium albicans* Robin.).
Hiekel R, Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159–197.

Physiologie und Morphologie, Beiträge zur — des Soorerregers (*Dematium albicans* Laurent = *Oidium albicans* Robin.).
Hiekel R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159–197.

Soorerregers, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des — (*Dematium albicans* Laurent = *Oidium albicans* Robin.).
Hiekel R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159–197.

Oidium albicans Robin. (= *Dematium albicans* Laurent), Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Soorerregers.
Hiekel R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159–197.

Dematium albicans Laurent (= *Oidium albicans* Robin.), Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Soorerregers.
Hiekel R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159–197.

Waagen L., Die Virgation der istrischen Falten.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 199–215.

Virgation der istrischen Falten.
Waagen L., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 199–215.

Digitized by Google

Hiekel R., Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Sooterregers (*Dematium albicans Laurent* = *Oidium albicans Robin*).
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159—197.

Morphologie und Physiologie, Beiträge zur — des Sooterregers (*Dematium albicans Laurent* = *Oidium albicans Robin*).
Hiekel R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159—197.

Physiologie und Morphologie, Beiträge zur — des Sooterregers (*Dematium albicans Laurent* = *Oidium albicans Robin*).
Hiekel R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159—197.

Sooterreger, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des — (*Dematium albicans Laurent* = *Oidium albicans Robin*).
Hiekel R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159—197.

Oidium albicans *Robin*. = *Dematium albicans Laurent*, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Sooterregers.
Hiekel R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159—197.

Dematium albicans *Laurent* = *Oidium albicans Robin*, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Sooterregers.
Hiekel R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 159—197.

Wasgen L., Die Virgation der istischen Hallen
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 199—215.

Virgation der istischen Hallen.
Wasgen L., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 199—215.

Abt. I. Februar

Digitized by Google

Istrische Falten, Virgation derselben.
Waagen L., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 199—215.

Tschermak G., Metasilikate und Trisilikate.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 217—240.

Darstellung der Kieselsäuren, III.
Tschermak G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 217—240.

Kieselsäuren, deren Darstellung, III.
Tschermak G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 217—240.

Silikate, Chemische Konstitution der —.
Tschermak G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 217—240.

Chemische Konstitution der Silikate.
Tschermak G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 217—240.

Grund A., Vorläufiger Bericht über physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet des Kleinen Mäander bei Ajasoluk (Ephesus).
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 241—262.

Delta, Vorläufiger Bericht über physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet des Kleinen Mäander bei Ajasoluk (Ephesus).
Grund A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 241—262.

Mäander, Vorläufiger Bericht über physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet des Kleinen — bei Ajasoluk (Ephesus).
Grund A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 241—262.

Digitized by Google

Istrische Falten, Virgation derselben.
Waagen L., **Sitz. Ber.** der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 199—215.

Tschermak G., Metasilikate und Trisilikate.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 217—240.

Darstellung der Kieselsäuren. III.
Tschermak G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 217—240.

Kieselsäuren, deren Darstellung. III.
Tschermak G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 217—240.

Silikate, Chemische Konstitution der
Tschermak G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 217—240.

Chemische Konstitution der Silikate.
Tschermak G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 217—240.

Grund A., Vorläufiger Bericht über physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet des Kleinen Maander bei Ajasoluk (Ephesus).
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 241—262.

Delta, Vorläufiger Bericht über physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet des Kleinen Maander bei Ajasoluk (Ephesus).
Grund A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 241—262.

Mäander, Vorläufiger Bericht über physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet des Kleinen [illegible] bei Ajasoluk (Ephesus).
Grund A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 241—262.

Digitized by Google

Ajasoluk, Vorläufiger Bericht über physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet des Kleinen Mäander bei — (Ephesus).

Grund A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 241—262.

Ephesus, Vorläufiger Bericht über physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet des Kleinen Mäander bei Ajasoluk (Ephesus).

Grund A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 241—262.

Digitized by Google

Ajasoluk, Vorläufiger **Bericht über** physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet **des** Kleinen Mäander bei — (Ephesus).
Grund A., **Sitz. Ber. der** Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 241—282.

Ephesus, Vorläufiger Bericht **über** physiogeographische Untersuchungen im Deltagebiet des Kleinen Mäander bei Ajasoluk (Ephesus).
Grund A., **Sitz. Ber. der** Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 241—282.

Digitized by Google

Die Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse erscheinen vom Jahre 1888 (Band XCVII) an in folgenden vier gesonderten Abteilungen, welche auch einzeln bezogen werden können:

Abteilung I. Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Kristallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physischen Geographie und Reisen.

Abteilung II a. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Astronomie, Physik, Meteorologie und Mechanik.

Abteilung II b. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Chemie.

Abteilung III. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie des Menschen und der Tiere sowie aus jenem der theoretischen Medizin.

Von jenen in den Sitzungsberichten enthaltenen Abhandlungen, zu deren Titel im Inhaltsverzeichnisse ein Preis beigesetzt ist, kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und können durch die akademische Buchhandlung Alfred Hölder, k. u. k. Hof- und Universitätsbuchhändler (Wien, I., Rothenthurmstraße 13), zu dem angegebenen Preise bezogen werden.

Die dem Gebiete der Chemie und verwandter Teile anderer Wissenschaften angehörigen Abhandlungen werden auch in besonderen Heften unter dem Titel: »Monatshefte für Chemie und verwandte Teile anderer Wissenschaften« herausgegeben. Der Pränumerationspreis für einen Jahrgang dieser Monatshefte beträgt 14 K — 14 M.

Der akademische Anzeiger, welcher nur Originalauszüge oder, wo diese fehlen, die Titel der vorgelegten Abhandlungen enthält, wird, wie bisher, acht Tage nach jeder Sitzung ausgegeben. Der Preis des Jahrganges ist 5 K — 5 M.

Digitized by Google

Digitized by Google

L. Soc 386.4

HARVARD COLLEGE LIBRARY
OCT 2 1906
CAMBRIDGE, MASS.

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXV. BAND. III. HEFT.

JAHRGANG 1906. — MÄRZ.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

(MIT 11 TAFELN UND 6 TEXTFIGUREN.)

WIEN, 1906.
AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN KOMMISSION BEI ALFRED HÖLDER,
K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER,
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

Digitized by Google

INHALT

des 3. Heftes, März 1906, des CXV. Bandes, Abteilung I, der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse.

Seite

Richter O., Über den Einfluß verunreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus. (Mit 4 Tafeln.) [Preis: 3 K 50 h — 3 M 50 pf] 265

Tomann G., Vergleichende Untersuchungen über die Beschaffenheit des Fruchtschleimes von *Viscum album* L. und *Loranthus europaeus* L. und dessen biologische Bedeutung. [Preis: 50 h — 50 pf] 353

Brezina P., Beiträge zur Anatomie des Holzes der Kompositen. (Mit 3 Tafeln.) [Preis: 1 K 20 h — 1 M 20 pf] 367

Wiesner J., Beobachtungen über den Lichtgenuß und über einige andere physiologische Verhältnisse blühender *Geranium*-Arten. [Preis: 90 h — 90 pf] 387

Wahl B., Untersuchungen über den Bau der parasitischen Turbellarien aus der Familie der Dalyelliiden (Vorticiden). (Mit 4 Tafeln und 6 Textfiguren.) [Preis: 2 K 60 h — 2 M 60 pf] 417

Preis des ganzen Heftes: 6 K 30 h — 6 M 30 pf.

Digitized by Google

HARVARD COLL.
OCT 2 1906
CAMBRIDGE, MASS.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXV. BAND. III. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Digitized by Google

Digitized by Google

Über den Einfluß verunreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus

von

Dr. **Oswald Richter,**
Assistent.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag, Nr. 82 der II. Folge.

(Mit 4 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 1. Februar 1906.)

Neljubow[1] war der Erste, der jene eigentümlichen Krümmungen von Wicken-, Erbsen- und Linsenkeimlingen, die man unter dem Namen der horizontalen Nutation zusammenfaßte, als krankhafte Wachstumsformen erkannte, bedingt durch den Einfluß der Laboratoriumsluft, und damit auch der Erste, der die Aufmerksamkeit der Pflanzenphysiologen auf diesen wichtigen, zu vielen falschen Schlüssen führenden Faktor gelenkt hat, welcher bei zahlreichen physiologischen Experimenten kaum ausgeschlossen werden kann.

Kurze Zeit nachher erfolgten die einschlägigen Veröffentlichungen von Singer[2] und mir.[3]

Molisch hatte nun bei seinen Untersuchungen über den Heliotropismus im Bakterienlicht[4] und über den indirekt hervor-

[1] D. Neljubow, Über die horizontale Nutation der Stengel von *Pisum sativum* und einiger anderen Pflanzen. Sep. Bot. Zentralbl., Beihefte, Bd. X, H. 3, 1901.

[2] M. Singer, Über den Einfluß der Laboratoriumsluft auf das Wachstum der Kartoffelsprosse. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., 1903, p. 175.

[3] Oswald Richter, Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft. Ebenda, p. 180.

[4] H. Molisch, I. Über Heliotropismus im Bakterienlichte. Diese Sitzungsber., Bd. CXI, Abt. I, 1902, p. 141. — II. Leuchtende Pflanzen. Eine physiologische Studie. Jena 1904, p. 145.

Digitized by Google

gerufen durch Radium[1] Gelegenheit, die außerordentlich große Bedeutung der gasförmigen Verunreinigungen der Laboratoriumsluft in Bezug auf Heliotropismus und Geotropismus zu beobachten.

In der zweiten der genannten Arbeiten faßt er die diesbezüglichen Erfahrungen wie folgt zusammen:[2]

»Die Spuren von Leuchtgas und anderen Verunreinigungen flüchtiger Natur, die sich in der Luft des Laboratoriums vorfinden, genügen, um die Reizbarkeit des Plasmas so zu beeinflussen, daß die Stengel der genannten Keimlinge keinen negativen Geotropismus mehr zeigen. Mit dem Ausschalten des negativen Geotropismus stellt sich gleichzeitig eine so hochgradige heliotropische Empfindlichkeit ein, daß es unter diesen Umständen gelingt, gewisse Pflanzen noch zu heliotropischen Bewegungen zu veranlassen, die unter normalen Verhältnissen dazu nicht mehr befähigt sind«.

Da diese Beobachtungen zweifellos von großer Wichtigkeit sind; da jeder Pflanzenphysiologe, der im Laboratorium Versuche über das Bewegungsvermögen der Pflanze anstellt, unbedingt darauf Rücksicht nehmen muß, wenn er sich vor Irrtümern und Fehlerquellen bewahren will; da, wie ich gefunden habe, auch das Saatgut eine Rolle spielen kann, so habe ich, anknüpfend an Molisch's Befunde, die einschlägigen Fragen auf breiter experimenteller Basis erneuten Untersuchungen unterworfen.

Dazu war es bloß notwendig, jene Versuchsanordnung, wie ich sie bereits für den Nachweis des Einflusses der Laboratoriumsluft auf Wachstum und Zirkumnutationsbewegung beschrieben habe,[3] mit der Beleuchtung der Keimlinge durch eine beliebige Lichtquelle zu verquicken. Nur wurden in der Folge noch gewisse erhöhte Vorsichten gebraucht, wie sie sich bei der weiteren Beschäftigung mit dem Gegenstand als zweckmäßig ergaben, um ja jedem Einwande gerecht zu werden.

Was zunächst die alte Versuchsanordnung anbelangt, so bestand sie im wesentlichen darin, daß vier Keimschalen mit

---

[1] H. Molisch, III., Über Heliotropismus, indirekt hervorgerufen durch Radium. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., 1905, XXIII., p. 1 bis 8.

[2] H. Molisch, III., l. c., p. 7.

[3] Oswald Richter, l. c., p. 180.

Digitized by Google

Glasglocken mit den Keimlingen beschickt wurden, und zwar so, daß zwei mit Wasserabschluß versehen wurden, eine einen Abschluß mit feuchtem Filtrierpapiere, die letzte aber keinen Abschluß erhielt. Indem nun in dem einen abgesperrten Luftraume durch ein Schälchen mit konzentrierter Kalilauge für die Absorption der erzeugten Kohlensäure gesorgt war, konnte die Unabhängigkeit der bedeutenden Größenunterschiede der Versuchspflanzen sowohl von der Kohlendioxydanreicherung wie von dem vollkommenen Transpirationsausschluß dargetan werden.

Dieses Ergebnis möchte ich um so mehr hervorheben, als Rimmer[1] den großen Höhenunterschied bei *Phaseolus vulgaris* auch schon beobachtet, aber auf die Unterschiede des Feuchtigkeitsgehaltes im »total feuchten und trockenen Raume« zurückgeführt hat.

Ich habe auf diese Frage nochmals meine Aufmerksamkeit gelenkt und kann meine früheren diesbezüglichen Befunde nur bestätigen. Zur genauen Überprüfung dieser Verhältnisse wurden die mit Klötzchen gehobenen Glasglocken auch noch innen vollkommen mit feuchtem Filtrierpapier ausgelegt, während die äußere Umhäufung aus nassem Filtrierpapier belassen wurde. Endlich wurde, um ja ganz sicher zu gehen, auch die Glocke, die mit der Laboratoriumsluft in Verbindung treten sollte, in Wasser gestellt und mit einer dickeren Glasröhre gehoben, so daß ihr unterer Rand eben über Wasser kam. Auch bei Anwendung dieser Vorsichten änderte sich im Effekte gar nichts.

Die Erwähnung der Glasröhre veranlaßt mich, hier gleich auf ein Ergebnis hinzuweisen, auf das ich an anderer Stelle ausführlicher zu sprechen komme. Es hat sich nämlich gezeigt, daß Terpene und andere gasförmige Verunreinigungen auf die verschiedensten Keimlinge in ganz ähnlicher Weise wirken wie die Laboratoriumsluft, und zwar in Verdünnungen, bei denen eine Wirkung geradezu unglaublich erscheint. Da sie aber doch beobachtet wird, konnten auch jene Spuren gasförmiger

[1] Fr. Rimmer, Über die Nutationen und Wachstumsrichtungen der Keimpflanzen. Diese Sitzungsber., Bd. LXXXIX, Abt. I, 1884, Maiheft, p. 414.

Digitized by Google

Verunreinigung, die besonders bei erhöhter Temperatur, wie Molisch[1] gezeigt hat, aus einem Holzklötzchen ausströmen, die Versuchsergebnisse störend beeinflussen, weshalb ich von der Verwendung von Holzklötzchen in der Folge Abstand nahm. Da es auch sehr wahrscheinlich wurde, daß jene Spur von gasförmigen Verunreinigungen, die bei meiner ursprünglichen Versuchsanordnung mit dem Abschließen eines Quantums Luft im Laboratorium durch Wasser in ihm vorhanden war, bei den bedeutend heikligeren neuen Versuchen störend wirken konnte, wurde das nötige Luftquantum mit Wasserabschluß aus dem Glashause geholt.

Danach ergeben sich als endgültige, vorläufig nach allen Richtungen befriedigende Regeln für die Versuchsanstellung folgende:

1. Die Vorbereitungen für den Versuch sind höchstens mit Ausnahme des Herumlegens von Filtrierpapier um die Glocke im Glashause zu treffen.

2. Alle Glasglocken werden mit Wasserabschluß unter Dunkelsturz in den Versuchsraum übertragen.

3. Die Versuche sind bei schwachem roten Licht einer photographischen Lampe oder, wenn nötig, was bei einiger Übung nicht schwer fällt, im Dunkeln aufzustellen, d. h. die nötige Zahl von Glocken mittels Glasröhrchen über die Wasserschichte zu heben, mit feuchtem Filtrierpapier zu versehen, im Halbkreis um die künftige Lichtquelle zu stellen u. s. f.

4. Von einer auch nur teilweisen Auskleidung der Glasglocken mit Filtrierpapier muß bei heliotropischen Versuchen Abstand genommen werden wegen der dadurch eventuell hervorgerufenen Differenz in der Lichtintensität gegenüber den Kontrollglocken. Ein solches Vorgehen ist um so berechtigter, als bereits die früheren Ausführungen diese Vorsichtsmaßregel als unnötig erscheinen ließen.

Nachdem ich so die Methode der Versuchsanstellung in großen Zügen besprochen habe, möchte ich die Versuchs-

---

[1] H. Molisch, IV. Bakterienlicht und photographische Platte. Diese Sitzungsber., Bd. CXII, Abt. I, 1903.

Digitized by Google

ergebnisse zusammenfassend wiedergeben und auf die am Schlusse der Arbeit als Anhang angefügten Versuchsprotokolle verweisen.

I. Orientierende Versuche über den Einfluß von Kohlensäureanreicherung und Transpirationsausschluß auf Heliotropismus und Geotropismus.

Es war selbstverständlich, daß beim Herantreten an meine Frage zunächst alle anderen Möglichkeiten der Tropismenbeeinflussung ausgeschaltet werden mußten.

Sperrt man Wintererbsenkeimlinge von etwa 2 *cm* Höhe, die im Dunkeln im Glashause soweit herangewachsen sind, in reiner Luft *a)* ohne, *b)* mit Kalilauge unter Glasglocken mit Wasserabschluß ab und umgibt man sonst ähnlich beschickte, aber durch Heben mit der Laboratoriumsluft in Verbindung stehende Glocken *c)* mit feuchtem Filtrierpapier, während man *d)* ohne Filtrierpapier beläßt und stellt die vier Glocken unter den entsprechenden Vorsichten im Halbkreise um eine kleine, runde Flamme in der Dunkelkammer[1] auf, so kann man nach zwei bis drei Tagen bei sonst günstiger Temperatur ganz wesentliche Unterschiede an den Keimlingen bemerken:

Die Keimlinge in *a)* und *b)* sind um ein bedeutendes länger, man kann sagen rund dreimal so lang als die in *c)* und *d)*. Sie neigen sich zur Lichtquelle unter einem Winkel von beiläufig 45°, sind schmächtig, relativ geschmeidig und haben relativ große Blättchen.

Die Keimlinge in *c)* und *d)* dagegen sind, wie auch die Photographie Fig. 1 zeigt, wahre Zwerge, dabei verhältnismäßig sehr dick, fühlen sich turgeszent an und brechen sofort, wenn man die kurze, vollständig horizontal gegen das Licht strebende Strecke in die Vertikale biegen will.

Das Wesentliche für die Frage über den Einfluß verunreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus aber ist die Krümmung der Keimlinge von der Vertikalen um 90°.

---

[1] Die Dunkelkammer war in jeder Beziehung exakt und lichtdicht.

Digitized by Google

Dabei ist weder zwischen *a)* und *b)* noch zwischen *c)* und *d)* ein besonderer Unterschied zu bemerken.

Außer Winter- wurden Sommererbsen, Futterwicken u. s. f. mit ganz ähnlichem Erfolge verwendet.

Folgerungen aus diesen Befunden.

Aus diesen Versuchen ergibt sich unmittelbar, daß weder dem Transpirationsausschluß noch der Anreicherung des Kohlendioxyds eine merkliche Rolle bei den großen beobachteten Unterschieden in der Höhen- und Dickenentwicklung der Keimlinge und dem heliotropischen Effekte zuzuschreiben ist.

Macht man die analogen Versuche im Dunkeln mit horizontal gelegten Keimpflanzen, so zeigt sich ebenso, daß auf die noch später zu beschreibenden geotropischen Effekte ebenso weder Transpirationsausschluß noch Kohlendioxydanreicherung einen nennenswerten Einfluß haben. Da nun die durch Wieler's, Jaccard's und Schaible's Versuche[1] nahegelegte starke Beeinflussung des Längenwachstums durch Sauerstoffentspannung im Hinblick auf meine früheren Experimente unwahrscheinlich gemacht, dessen Beeinflussung durch die Laboratoriumsluft dagegen darnach nicht zu bezweifeln war, auch der Heliotropismus in den zitierten Untersuchungen von Molisch[2] sich durch die gasförmigen Verunreinigungen der Luft beeinflußbar gezeigt hatte und Experimente über Geotropismus im Glashause nach dieser Richtung hin aufmunternd ausgefallen waren, wurde angenommen, daß die gasförmigen Verunreinigungen der Luft die Ursache der auffallenden Ergebnisse seien.

Alle Befunde stimmten in der Folge mit dieser Annahme überein, so daß ich nicht anstehe, sie als richtig anzusehen.

---

[1] Vergl. die Literaturangaben in meiner zitierten Arbeit, p. 182.

[2] H. Molisch, III. l. c., p. 7.

Digitized by Google

Jaccard[1] hat seither seine Versuche über den Einfluß des Gasdruckes auf die Entwicklung der Gewächse wiederholt und darüber in den »Verh. der schweiz. naturf. Gesellschaft«, Winterthur 1904 (p. 50 bis 51), kurz berichtet. Wie ich aus einer privaten Mitteilung von ihm weiß, steht eine ausführliche Arbeit noch aus. Immerhin kann man dem Referat im »Bot. Zentralbl.« soviel entnehmen, daß die neue Serie von Experimenten eine Bestätigung seiner früheren Versuche des Jahres 1893 darstellt.

Er wendet sich dabei hauptsächlich gegen meine[2] Bemerkung:

»Die großen Höhenunterschiede bei den Versuchspflanzen Jaccard's und Schaible's dürften sich durch die Wirkung der Laboratoriumsluft auf die Kontrollpflanzen erklären«,

ohne dabei anscheinend zu berücksichtigen, daß ich kurz vorher[3] für eine geringe Förderung des Längenwachstums im O-entspannten Raum eingetreten war:

»Ganz primitive Experimente im Warmhause unseres Glashauses... haben inzwischen gelehrt, daß tatsächlich eine geringe Förderung des Längenwachstums im O-entspannten Raum eintritt, daß, wie von Jaccard und Schaible immer hervorgehoben wird, besonders die Blattlamina im Wachstum gefördert wird...«

Ich glaube nun, daß auch, wenn man sich bereits derzeit ein Urteil erlauben darf, die neuen Versuchskolonnen Jaccard's meinen oben wiedergegebenen Einwand nicht widerlegen, da sie abermals in einem der derzeit gebräuchlichen Laboratorien durchgeführt worden sind.[4]

»Les cultures entreprises par Jaccard en juin et juillet 1904 dans le laboratoire de physiologie végétale du Polytechnikum (Zürich) étaient toutes en pleine vigeur et parfaitement normales, aussi bien dans l'air du laboratoire à la pression normale que dans l'air déprimé«.

---

[1] P. Jaccard, Influence de la pression des gaz sur la croissance des végétaux. Nouvelles recherches. Autoreferat Bot. Zentralbl., 1905, Nr. 46, Bd. XCIX, XXVI. Jahrg., p. 500 bis 501.

[2] Oswald Richter, l. c., p. 188.

[3] Oswald Richter, l. c., p. 187.

[4] P. Jaccard, l. c., p. 501.

Digitized by Google

Jaccard's Ansicht gegenüber endlich, wonach bei meinen Versuchen im Winter 1902/3 der Lichtmangel (»le manque de lumière) für die Entwicklungshemmung der Keimpflanzen verantwortlich gemacht werden könnte (»doit avoir entravé[1] le développement des cultures faites par O. Richter à Prague«), möchte ich bloß hervorheben, daß ich absichtlich mit verdunkelten Kulturen arbeitete, um nicht weitere, durch den Assimilationsgasaustausch bedingte Unklarheiten zu schaffen. Und ich glaube, es gehe aus sämtlichen wiedergegebenen Versuchen klar hervor, daß sowohl die Pflanzen unter Glocken mit Wasserabschluß, also in reiner Luft, wie die unter solchen mit Laboratoriumsluftzutritt verdunkelt, die Versuchsbedingungen also bei Versuchs- und Kontrollpflanzen in dieser Hinsicht die gleichen waren. Daß natürlich die Düsterheit des winterlichen Himmels gegen die absichtliche Verfinsterung gar nicht in Betracht kommt, liegt auf der Hand. Ich kann betonen, daß seither auch im Frühjahr und im Sommer bei analog ausgeführten Versuchen im Dunkeln und bei Belichtung die Keimlinge je nach der schlechteren oder besseren Lüftung der Institutsräume größere oder geringere Höhen- und Dickenunterschiede zeigten, ganz ähnlich wie im Winter 1902/3.

Vorläufig erscheint mir also trotz der neuen Versuche Jaccard's die Frage nach der Bedeutung der O-Spannung für das Längenwachstum nicht endgültig beantwortet. Gelöst wird sie überhaupt nie in einem unserer derzeitigen Laboratorien mit ihren Gasleitungen und Reagentienfläschchen. Wenn man diese Frage exakt in Angriff nehmen will, muß man im Freien, in einem Gewächshaus oder sonst in einem von gasförmigen Verunreinigungen freien Raum arbeiten; ich kann somit nur unter Hinweis auf Wieler's, Jaccard's und Schaible's frühere Versuche und Jaccard's neue Experimente wiederholen,[2] daß es »in hohem Grade wünschenswert geworden ist, die Befunde der genannten Forscher durch Versuche in reiner Luft einer genauen und eingehenden Prüfung zu unterziehen«.

---

[1] P. Jaccard, l. c., p. 501.

[2] Oswald Richter, l. c., p. 187.

Digitized by Google

Wie hier, wird sich nach meiner Meinung auch noch bei vielen anderen Gelegenheiten die Notwendigkeit einer Kontrolle vieler bisher auf Grund von Laboratoriumsversuchen aufgestellten Ansichten durch Experimente in reiner Luft ergeben. In dieser Meinung bin ich durch Wächter's[1] interessante Ausführungen über die chemonastischen Bewegungen von Blättern erst jüngst bestärkt worden und kann nur wieder »auf die Konsequenzen hinweisen, die sich für die Einrichtung und den Zustand der Laboratoriumsräume, die reizphysiologischen Untersuchungen dienen«,[2] aus den Beobachtungen von Neljubow,[3] Singer,[4] mir,[5] Molisch[6] und Wächter[1] ergeben.

Einer von den angedeuteten Fällen, wo eine Kontrolle der derzeitigen Anschauungen unter Berücksichtigung des nun immer mehr beachteten[7] Faktors der gasförmigen Verunreinigungen der Luft notwendig geworden war, ist die Tropismenfrage.

Im folgenden soll nun gezeigt werden, welche Verschiebungen die gangbaren Ansichten über Heliotropismus und Geotropismus durch eine solche Kontrolle erleiden.

II. Versuche über den Einfluß der Laboratoriumsluft.

A. Auf den Heliotropismus.

Als Versuchsobjekte verwendete ich die auch von Molisch empfohlenen Keimlinge von *Vicia sativa* L.

---

[1] W. Wächter, Chemonastische Bewegungen der Blätter von *Callisia repens*. Vorläufige Mitteilung. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., 1905, XXIII. Jahrg., p. 379.

[2] W. Wächter, l. c., p. 382.

[3] D. Neljubow, l. c.

[4] M. Singer, l. c.

[5] Oswald Richter, l. c.

[6] H. Molisch, I. und II., l. c.

[7] Es ist nicht uninteressant, daß auch von bakteriologischer Seite wiederholt auf die Bedeutung der Laboratoriumsluft besonders für die Kultur von Nitrobakterien hingewiesen worden ist. W. Rullmann, Der Einfluß der Laboratoriumsluft bei der Züchtung von Nitrobakterien. I. und II. Zentralbl. für B. und P., 2. Abt., V. Bd., 1899, p. 212 und 713.

Digitized by Google

In einer Fußnote hat bereits W. Figdor[1] in seiner Arbeit über heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen, auf die ich später noch wiederholt zu sprechen kommen werde, zur Klärung dessen, was man in physiologischen Laboratorien als *Vicia sativa* bezeichnet, beigetragen. Nach seinen Ausführungen verhalten sich nahe verwandte Spezies, *Vicia segetalis* und *V. angustifolia*, ähnlich wie *Vicia sativa*, was die Lichtempfindlichkeit anlangt. Die beiden Spezies seien früher als Varietäten von *Vicia sativa* angesehen worden.

Was nun meine zunächst auf die Rolle des Saatgutes bei meinen Experimenten abzielenden Untersuchungen anlangt, so ergab gleich der erste orientierende Versuch, daß man im Handel mit dem Namen »Futterwicke« grundverschiedene Arten bezeichne, und zwar werden sehr gerne *Vicia villosa* Roth. und *Vicia sativa* L. miteinander verwechselt.

Ich will gleich erwähnen, daß ich mit daraufhin aus Deutschland bezogenen Vicien eine Reihe von Versuchen über die verschiedene Beeinflußbarkeit derselben durch die Laboratoriumsluft angestellt habe, deren Ergebnisse sich im letzten Abschnitte dieser Arbeit zusammengestellt finden.

Hier seien zunächst einige Experimente besprochen, die mit *Vicia sativa* L. und *V. villosa* Roth. gleichzeitig ausgeführt, in unzweideutiger Weise deren Speziesverschiedenheiten, sowohl was die Beeinflussung der beiden durch die gasförmigen Verunreinigungen der Luft, wie deren Empfindlichkeit gegen das Licht und die Erdschwere anbelangt, dartun sollen.

1. Der Grundversuch zur Demonstration der verschiedenen Empfindlichkeit verschiedener Wickenspezies sowohl gegen die gasförmigen Verunreinigungen der Luft wie gegen das Licht.

Vergl. Protokolle Nr. 1 und Nr. 2 und Photographie Fig. 2.

Der Versuch wurde, wie erwähnt, mit Futter-[2] und Sandwicken[2] durchgeführt.

---

[1] W. Figdor, Versuche über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen. Diese Sitzungsber., Bd. CII, Abt. I, Februar 1893, p. 49.

[2] Der Kürze halber sei Futterwicke mit »*Fu*«, Sandwicke mit »*Sa*« abgekürzt.

Digitized by Google

Je zwei Blumentöpfe standen unter einer Glasglocke, davon war immer der eine mit 14 Keimlingen der *Fu* (zwei Reihen zu 7 Pflanzen), der andere in gleicher Weise mit Keimlingen der *Sa* besät.

Im übrigen vergleiche man bezüglich der Versuchsanstellung das eingangs Erwähnte.

Aus den Protokollen Nr. 1 und 2 und aus vielen anderen nicht mitgeteilten Versuchen geht zweifellos hervor:

1. Daß die Pflanzen derselben Art sich wesentlich von einander unterscheiden, wenn sie in reiner oder unreiner Luft kultiviert sind. Man kann sowohl einen großen Längenunterschied, bei *Fu* z. B. 15·42 : 4·60 *cm*, bei *Sa* 12·95 : 5·65 *cm*, als auch bedeutende Dickenunterschiede wahrnehmen, bei *Fu* 1 : 2 *mm*, bei *Sa* 1 : 1·8 *mm*, wobei ich besonders darauf aufmerksam machen möchte, daß sich diese Differenz in der Dicke beiläufig in der Mitte der Keimlinge am stärksten ausprägt. Das erklärt sich aus der plötzlichen, in der Versuchsanstellung ersichtlichen Einwirkung der gasförmigen Verunreinigungen der Luft auf die Versuchspflanzen.

2. Die Keimlinge der Sandwicke zeigen in der Laboratoriumsluft bedeutend größere Längenzuwächse als die der *Fu* unter sonst gleichen Verhältnissen; dagegen sind die der *Sa* durchschnittlich stets bedeutend schmächtiger in unreiner Luft. (Prot. 2). $D_{(Fu)} : D_{(Sa)}$[1] $= 2 \cdot 5\,mm : 1 \cdot 5\,mm$, d. h. die gasförmigen Verunreinigungen der Luft äußern ihren schädigenden Einfluß auf *V. sativa* viel stärker als auf *V. villosa* oder *V. villosa* ist von beiden Wickenspezies die minder empfindliche.

3. In reiner Luft reagiert bei einer gewissen Lichtintensität der verwendeten Flamme die *Fu* noch, die *Sa* schon nicht mehr heliotropisch.

Die gemessenen Winkel verhalten sich (Prot. 2) in einem bestimmten Falle bei *Fu* : *Sa* = 8° : 0°. Ist die Lichtintensität größer, so erweist sich auch die *Sa* heliotropisch, aber viel weniger als die *Fu*.

Die *Sa* ist also viel weniger heliotropisch als die *Fu*.

---

[1] Die Bezeichnungen werden aus dem betreffenden Protokolle sofort ersichtlich.

Digitized by Google

4. Wenn wir bei dem dem Versuchsprot. 2 entnommenen Falle bleiben, so zeigt sich, daß die *Sa*-Keimlinge in der unreinen Luft bei der verwendeten geringen Lichtintensität noch immer außerordentlich deutlich heliotropisch reagieren. Ebenso macht sich bei den Futterwicken die bedeutend stärkere Krümmung zum Licht in der unreinen gegenüber der in der reinen Luft bemerkbar.

Es erscheint also ganz allgemein der Winkel, den heliotropische Pflanzen derselben Spezies in reiner im Vergleiche zu solchen in verunreinigter Luft gegen die Vertikale bilden, als beiläufiges Maß für die Verunreinigungen der Luft.

Die Erklärung ist in der eingangs zitierten Stelle aus Molisch's Abhandlung enthalten.

5. In unreiner Luft neigen sich die Keimlinge der *Fu* beziehungsweise der *Sa* unter bedeutend verschiedenen Winkeln gegen die Lichtquelle.

Das Prot. 1 gibt das Verhalten bei *Fu* : *Sa* = 88·3° : 67·3°. Auch der bloße Anblick der Photographien Fig. 2 und 6! zeigt das Vorwalten der Krümmung bei den *Fu*-Keimlingen ganz zweifellos.

Eine solche Verschiedenheit des Winkels gegen die Vertikale findet nun eine einfache Erklärung in der Annahme einer verschiedenen Empfindlichkeit des Protoplasmas der verschiedenen Wickenspezies gegen die gasförmigen Verunreinigungen der Laboratoriumsluft unter Berücksichtigung der schon von Molisch gegebenen Erklärung der fast horizontalen Wendung von Wickenkeimlingen zu einer Lichtquelle im Laboratorium.

Wenn wir annehmen, daß die Empfindlichkeit der *Sa* gegen die Verunreinigungen der Luft die gleiche ist wie die der *Fu*, dann wird die Empfindlichkeit für die negativ geotropische Komponente gänzlich oder fast gänzlich aufgehoben, wie bei der *Vicia sativa* in den Versuchen von Molisch, wenn aber die Empfindlichkeit für den negativen Geotropismus noch, wenn auch geschwächt, besteht, dann muß zwischen Heliotropismus und negativem Geotropismus ein der Schwächung entsprechendes Kompromiß entstehen und die Pflanzen müssen, heliotropisch gekrümmt, durch den Winkel, den sie mit der Vertikalen bilden

Digitized by Google

die Beeinflussung sowohl durch die Erdschwere wie durch das Licht und die Laboratoriumsluft zum Ausdrucke bringen, mit anderen Worten:

Der Winkel, den Pflanzen verschiedener Spezies in verunreinigter Luft der Wirkung einer Flamme ausgesetzt, mit der Vertikalen bilden, kann als beiläufiges Maß für ihre Empfindlichkeit für gasförmige Verunreinigungen der Luft angesehen werden.

Diese Ergebnisse lassen es wünschenswert erscheinen, nachzusehen, inwieweit die bisherigen Beobachtungen über Heliotropismus, abgesehen von denen von Molisch, als Stütze für meine obigen Ausführungen und Folgerungen angesehen werden können.

Am eingehendsten hat sich mit den Erscheinungen des Heliotropismus Wiesner befaßt. Indem ich mir also erlaube, auf p. 35, 55, 56 und 57 der bekannten Monographie der heliotropischen Erscheinungen[1] zu verweisen, möchte ich mir gestatten, einige wichtige Momente hervorzuheben, die zeigen werden, daß Wiesner's Versuche in einem Raum und unter Bedingungen ausgeführt erscheinen, die eine Beeinflussung derselben durch die gasförmigen Verunreinigungen der Luft ganz zweifellos machen, so daß Wiesner's Ergebnisse nach mancher Richtung nur für Versuche im Laboratorium mit verunreinigter Luft Geltung haben.

Aus einem Vergleiche der Angaben Wiesner's mit meinen Versuchen geht zunächst zweifellos hervor, daß Wiesner, freilich ohne Kenntnis der Rolle, welche der Laboratoriumsluft bei solchen Experimenten zukommt, alle jene Erscheinungen an seinen Versuchspflanzen *(Vicia sativa)* beobachtet und beschrieben hat, die bei meinen Versuchen bei den Pflanzen in verunreinigter Luft wiederkehren.

In Anbetracht des engen verwendeten Raumes ($55 \cdot 1\ m^3$), der Anstriche des Mobiliars, der großen Menge brennender Gasflammen (die Lichtquelle war eine relativ große Gasflamme von

[1] J. Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Eine physiologische Monographie. I. Teil, 1878, p. 35 ff. des Sep. aus dem 39. Bande der Denkschr. der k. Akad. zu Wien, mathem.-naturw. Klasse.

Digitized by Google

6·5 Walratkerzen; dunkle Brenner wurden in vielen Versuchen hinter Schirmen zur Wärmeregulierung verwendet), des Abschlusses nach außen, mußte schließlich eine Atmosphäre entstehen, die für heliotropische Versuche, speziell mit *Vicia sativa*, wie geschaffen war.

Was nun zunächst Wiesner's Bemerkungen über die Möglichkeit der Aufhebung der Schwerkraft durch die Lichtwirkung (p. 55 und 56) anbelangt: eine Glocke mit Keimlingen in reiner Luft mit Wasserabschluß neben die Versuchskeimlinge gestellt, hätte gezeigt, daß diese vor den Schädigungen der unreinen Luft bewahrt, sehr wohl auf den Geotropismus reagiert und so beiden wirkenden Kräften folgend, sich unter einem Winkel von 45° oder einem kleineren Winkel von der Vertikalen gegen die Lichtquelle geneigt hätten, jedenfalls aber nicht in die Lichtrichtung hineingeraten wären.

Sicherlich ist es die Lichtwirkung nicht allein, wie Wiesner meinte, die die Schwerkraftswirkung aufhebt, sondern gewiß auch die Laboratoriumsluft beziehungsweise ganz allgemein Verunreinigungen der Luft, die das Plasma in der Weise beeinflussen, daß es für den Geotropismus unempfindlich wird.

Auch decken sich Wiesner's p. 57 mitgeteilte Angaben über das Vertikalbleiben des eben exponierten Stengelstückes bei Erbse und Wicke mit meinen diesbezüglichen Beobachtungen an Pflanzen in unreiner Luft.

Endlich hat, wie aus p. 55 hervorgeht, Wiesner, freilich in Unkenntnis des von mir betonten Faktors, auch schon Versuche gemacht, die meine Annahme von der verschiedenen Empfindlichkeit des Plasmas verschiedener Wickenspezies gegen Licht und Geotropismus und vor allem gegen die Verunreinigungen der Luft zu stützen geeignet sind. Zwar beziehen sich die einschlägigen Bemerkungen Wiesner's auf *Vicia sativa* und *Vicia Faba*, von denen diese heute als eigene Gattung, *Faba*, von *Vicia* bereits abgegliedert wird. Was sich also aus Wiesner's Versuchen für die schon äußerlich so sehr verschiedenen Wicken ableiten läßt, haben meine Experimente für die leicht verwechselbaren Keimlinge von *Vicia sativa* und *Vicia villosa* erwiesen.

Digitized by Google

»Es entsteht nun« (p. 41) »die Frage, ob die Schlußfolgerungen, welche hier auf Grund von im Gaslichte vorgenommenen Versuchen gezogen wurden, auch auf solche Pflanzenteile übertragen werden dürfen«, die unter normalen Verhältnissen wachsen.

Aus meinen vergleichenden Versuchen ergibt sich, daß dies unmöglich ist und daß gewisse der sorgfältigen Versuche Wiesner's im Laboratorium heute eine entsprechende Wiederholung heischen mit Berücksichtigung des eben in die Tropismenfrage eingeführten, bislang unbeachtet gelassenen Faktors der umgebenden Luft.

Es werden sich besonders in den Beobachtungen über Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus, über photomechanische Induktion und bei den Bestimmungen der Empfindlichkeitsgrenzen sowie in Bezug auf die Aufhebung der geotropischen Wirkung nicht unwesentliche Abweichungen von Wiesner's Angaben ergeben, von denen einige noch im folgenden werden besprochen werden können.

Inwieweit auch die Versuche über die Wirkung der verschieden brechbaren Strahlen, die auch zum großen Teile aus Experimenten gerade mit Wicken im Laboratorium abgeleitet sind, die durch das Vorhandensein gasförmiger Verunreinigungen bedingte Einschränkung werden notwendig machen und für reine Luft Geltung haben, dürften in dieser Richtung angestellte Versuche zeigen.

Oltmanns[1] hat auf Grund seiner Experimente mit elektrischem Lichte die Wiesner'sche Versuchsanordnung einer Kritik unterzogen und als wesentlichen Fehler den wenn auch nicht äußerlich bemerkbaren, so doch höchstwahrscheinlich vorhandenen Feuchtigkeitsmangel in der Nähe der Flamme als Grund der schon oben besprochenen Wachstumshemmung angenommen, jedenfalls erscheine es »kaum zweifelhaft, daß seine Versuchspflanzen infolge der großen Annäherung an die Flamme geschädigt waren«. Ich habe bereits eine diesbezügliche Vermutung mitgeteilt.

[1] Fr. Oltmanns, I. Über positiven und negativen Heliotropismus. Flora, 1897, 83. Bd., p. 20 und 21. — II. Über die photometrischen Bewegungen der Pflanzen. Flora, 1892, 75. Bd., p. 228.

Digitized by Google

Inwieweit nun die sehr wertvollen Versuche Oltmanns an dem gleichen Fehler wie die Wiesner's — Nichtberücksichtigung der gasförmigen Verunreinigungen der Luft — leiden, vermag ich nicht zu beurteilen, um so weniger als Oltmanns als Versuchsobjekte *Phycomyces*-Kulturen und von Keimlingen bloß Gerste und Kresse »etc.« nennt.

Dennoch möchte ich auf die folgenden, der Oltmanns'schen Arbeit entnommenen Stellen hinweisen:

p. 1: »Das physiologische Institut in Freiburg besitzt eine durch vierpferdigen Gasmotor getriebene Dynamomaschine, welche wieder eine große Projektionslampe (natürlich Bogenlicht) speist. Diese ganze vortreffliche Einrichtung stand mir... zur Verfügung« (es ist nicht gesagt, ob der Motor im selben, im Nachbarzimmer oder in einem abgelegenen Raume stand).

p. 2: »Die Lampe stand in dem völlig verdunkelten Hörsaal des physiologischen Institutes« (von besonderen Durchlüftungsvorrichtungen der Dunkelkammer wird nicht gesprochen).

Auch erscheint beachtenswert, daß p. 19 auf spontane Nutationen hingewiesen wird, die »störend eingreifen«. Sie »sind bald stärker, bald schwächer, zuweilen so ansehnlich, daß man glauben möchte, eine heliotropische Krümmung vor sich zu haben«. Auch Correns[1] fand, daß man durch derartige »Nutationsbewegungen irregeleitet« werden könne.

In Anbetracht der oben zitierten Stellen erscheint es besonders wertvoll, daß Figdor, wie ich aus einer privaten Mitteilung dieses Forschers weiß, demnächst neue Versuche über den Einfluß großer Lichtintensitäten auf Keimlinge veröffentlichen wird.

Nach meinen bisherigen Erfahrungen an verschiedenen Orten unterbleiben alle Erscheinungen, die auf verunreinigte Luft zurückzuführen sind, wenn man mit elektrischen Glühlampen arbeitet und sonst keine Laboratoriumsluft da ist.

Es dürfte sich daher die Kontrolle der schon oben gewürdigten Oltmanns'schen Versuche in unserem Sinn am zweckmäßigsten mit einer großen Anzahl Glühlampen in laboratoriumsluftfreiem Raum ausführen lassen und da man heute

[1] C. Correns, Über die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes. Habilitationsschrift. Tübingen 1892, p. 139.

Digitized by Google

bekanntlich Glühlampen auch sehr geringer Lichtintensität zu liefern im stande ist, dürfte auch damit der Weg zu einer Kontrolle der älteren Versuche gewiesen sein. Natürlich müßte vor allem die verwendete Dunkelkammer von dem mit Gasleitungen reichlich versehenen Institute vollkommen getrennt werden.

Fallen dann die Untersuchungen in dem angedeuteten Sinn, also frei von dem immer wieder hervorgehobenen Fehler aus, dann wird man Oltmanns um so freudiger zustimmen, wenn er p. 22 sagt: »Ich denke die Zeiten nicht mehr fern, wo in einem ordentlichen botanischen Institute hinreichende elektrische Leitungen und Apparate vorhanden sind«.

2. Der photometrische Versuch von Wiesner.

Wiesner[1] hat bekanntlich als Erster die Idee Payer's, Keimlinge zu photometrischen Zwecken zu benutzen, praktisch realisiert.

Da Wiesner nach seiner eigenen Angabe den Versuch nur machte, »um eine Andeutung zu geben, daß diese Idee Payer's eine praktische Bedeutung gewinnen kann, wenn sie in zweckmäßiger Weise in Angriff genommen werden würde« und meines Wissens sich seither niemand dem vorliegenden Problem gewidmet hat, möchte ich einen diesbezüglichen Versuch beschreiben, der in schlagender Weise die Payer-Wiesnersche Anschauung bestätigt. Eine solche Mitteilung erscheint um so mehr am Platze, als wir heute noch mit einem Wiesner damals noch nicht bekannten Faktor, den gasförmigen Verunreinigungen der Luft, zu rechnen haben.

Zunächst vermied ich die Verwendung der relativ stark leuchtenden Flammen. Während Wiesner in dem geometrischen Halbierungspunkte der Distanz je 5·5 Normalkerzen starker, 3 *m* voneinander entfernter Flammen immer je einen Keimling der Saatwicke oder Schminkbohne einstellte, benutzte ich Mikrobrenner, die 61 *cm* voneinander entfernt waren.

Mit dem Bunsen'schen Fettfleckphotometer fand ich mit in der Dunkelkammer vollkommen ausgeruhtem Auge Gleich-

[1] J. Wiesner, l. c., p. 43, 44.

Digitized by Google

heit der Lichtintensität, wenn das Photometer von der einen Flamme 35 *cm*, von der anderen 26 *cm* entfernt war. Ich will noch bemerken, daß beide Mikrobrenner, um eine Feuersgefahr zu vermeiden und der Überhitzung vorzubeugen, mit dem unteren Teile, also bis zur Ansatzstelle des Gummischlauches, in Glasschalen mit Wasser standen, weiter, daß sie durch ein T-Rohr mit ein und derselben Gasleitung zusammenhingen und jede eventuelle Schwankung im Gasdrucke bei beiden Flammen gleichmäßig zum Ausdrucke kommen mußte, so daß an der Differenz ihrer Lichtintensitäten an jenem vom Photometer ermittelten Punkte nichts geändert werden konnte.

Nachdem ich so die Stelle gleicher Lichtintensität gefunden hatte, markierte ich sie durch einen Strich mit Kreide. Dieser gab nun seinerseits die Möglichkeit einer ganz genauen Orientierung der Keimlinge, deren Kolonnen, scharf ausgerichtet, genau über diesen Strich zu stehen kamen.

Es war dabei gleich darauf Rücksicht genommen worden, daß die Keimlinge der *Sa*, die sich immer minder empfindlich erwiesen hatten, zunächst zu beiden Seiten der Verbindungsgeraden beider Lichtquellen aufgestellt wurden.

Über Abschluß der Glocken und Umhäufung mit nassem Filtrierpapier u. s. f. vergleiche man das eingangs Gesagte.

Wie das Prot. 3 zeigt, trat bei drei Töpfen, zwei mit je 14 *Fu* und einem mit der gleichen Anzahl *Sa* besätem Topfe, die heliotropische Reaktion ein, und zwar gegen dieselbe Flamme. Bei einem Topf unterblieb jede Reaktion, in ihm verhielten sich die Pflanzen als wüchsen sie im Finstern. Es waren Sandwicken in reiner Luft.

Da die in verunreinigter Luft außerordentlich deutlichen Heliotropismus zeigten, ergibt sich unmittelbar wieder der Schluß von der Steigerung der heliotropischen Empfindlichkeit durch die gasförmigen Verunreinigungen der Luft.

Für die *Fu* in reiner Luft ist der Moment des Unempfindlichwerdens noch nicht erreicht, was die Neigung 5° bis 30° von der Vertikalen zeigt, ein Beleg für die verschiedene Empfindlichkeit des Plasmas beider Wicken in reiner Luft für Lichtbeziehungsweise Schwerkraftreize.

Digitized by Google

Vergleichen wir endlich den Durchschnittsneigungswinkel der Keimlinge der *Fu* und *Sa* in unreiner Luft 54·7° : 35·8°, so gibt uns dieser wieder den Beleg von der verschiedenen Empfindlichkeit der verschiedenen Wickenspezies gegen die gasförmigen Verunreinigungen der Luft. Die *Sa* erweist sich wieder als minder empfindlich. Ich möchte dazu noch betonen, daß die *Sa* durch die Aufstellung innen den Flammen näher war, also die größere Lichtintensität genoß.

Im übrigen verweise ich auf das Prot. 3 und die beigegebene Photographie Fig. 3. Es wird daraus sowohl der Längen- wie der Dickenunterschied klar hervorgehen.

Die nach Beendigung des Versuches am 9. Juli, $12^h\,5^m$ nachts, mit ausgeruhtem Auge durchgeführte Bestimmung der Lichtintensitäten der verwendeten Flamme ergab als Werte bei Vergleich mit einer Normalkerze

für die erste ..... 0·005029 N. K.,
für die zweite ... 0·00309 N. K.

Danach lieferte die erste Flamme unter Berücksichtigung der Distanz $\sqrt{37^2-14\cdot5^2}$ an die Keimlinge eine Lichtintensität von

0·000.00434 N. K.,

die zweite in ähnlicher Weise

0·000.00411 N. K.

Es reagierten somit die Keimlinge auf einen Unterschied[1] von 0·000.00023 N. K. noch ganz deutlich und einheitlich, ausgenommen die Sandwicke in reiner Luft, wohl der beste Beweis für die Verwendbarkeit gewisser Pflanzen für photometrische Zwecke.

Für die Sandwicke stellt 0·000.00023 N. K. die untere Grenze der Lichtempfindlichkeit in reiner Luft vor.

---

[1] Die berechnete Intensitätsdifferenz muß natürlich auf der ganzen Linie der Aufstellung die gleiche sein. Der Bequemlichkeit halber wurde sie für den Mittelpunkt der Aufstellung berechnet.

Digitized by Google

Die bisherigen Versuche haben es noch nicht möglich gemacht, die für dieselbe Wicke in unreiner Luft oder gar für die *Vicia sativa* in unreiner Luft bei einer runden Leuchtgasflamme als Lichtquelle aufzufinden.

Immerhin kann man das eine mit Bestimmtheit voraussagen, daß sie bei *Vicia sativa* in reiner Luft eher erreicht sein wird wie in unreiner und jedenfalls führt der Weg der Verwendung von Mikrobrennern statt der stark leuchtenden Flammen in dieser Richtung eher zum Ziel.

Man braucht sich nur zu denken, daß ich die verwendeten Brenner 3 *m* auseinandergerückt hätte, so wäre die Lichtintensitätsdifferenz vermutlich schon so klein geworden, daß endlich auch die *Vicia sativa* wie im Dunkeln gewachsen wäre, also nicht mehr heliotropisch reagiert hätte. Freilich nimmt im selben Grade die Schwierigkeit zu, mit dem Bunsen'schen Photometer den Punkt gleicher Intensität zwischen den Flammen zu finden.

3. Versuche mit phosphoreszierenden Substanzen.

Angeregt durch die Untersuchungen von Molisch[1] über den Heliotropismus im Bakterienlichte hat P. Kleophas Hofmann[2] nachgewiesen, daß das Phosphoreszenzlicht mineralischer Substanzen im stande ist, Heliotropismus hervorzurufen. Er experimentierte mit den bekannten käuflichen, in Glasröhrchen eingeschlossenen Leuchtpulvern, die nach Belichtung im Finstern längere Zeit phosphoreszieren. Vor solche von Zeit zu Zeit belichtete Röhrchen stellte Hofmann im Finstern Keimlinge der Wicke, Erbse, Linse und Sonnenblume und konnte bei allen mit Ausnahme der Sonnenblume deutlichen positiven Heliotropismus feststellen.

Schon die der Abhandlung beigegebenen Photographien machten es mir nach dem Aussehen besonders der Erbsen und Linsen zweifellos, daß er in einem Raume gearbeitet haben

---

[1] H. Molisch, l. c.

[2] K. Hofmann, Heliotropismus im Phosphoreszenzlichte mineralischer Substanzen. (Eine vorläufige Mitteilung.) Jahresb. des Privatgymnasiums in Duppau, 1902/3, p. 33 bis 38.

Digitized by Google

mußte, wo sozusagen kaum von gasförmigen Verunreinigungen der Luft gesprochen werden konnte. Bei der Durchsicht der Arbeit wurde diese Ansicht voll bestätigt. Um nämlich jene Fehler, die aus dem Vorhandensein solcher gasförmiger Verunreinigungen resultieren konnten, zu vermeiden, hatte er sich einen derartigen Raum »mit möglichst reiner Landluft« (p. 34) zu verschaffen gewußt, in dem er die Versuche anstellte.

Dies besonders ließ mich hoffen, in den doch relativ schwach leuchtenden phosphoreszierenden Substanzen eine für meine Zwecke ausgezeichnete Lichtquelle zu finden und durch Steigerung der Lichtempfindlichkeit in verunreinigter Luft auch auf einige Zentimeter Distanz mit diesen Lichtquellen gehen zu können.

Schon Hofmann glaubt aus seiner Versuchsanstellung schließen zu dürfen, daß unter den verwendeten Gläschen das mit dem blauen Lichte die größte heliotropische Wirkung geäußert habe. In Anbetracht der umfangreichen Versuche von Wiesner über die verschiedenen Strahlengattungen war ein solches Resultat um so wahrscheinlicher und ich benützte deshalb gleich nur zwei blau und ein violett leuchtendes Gläschen.

Besonders hebe ich hervor, daß nur kurze Zeit die leuchtende Eigenfarbe für das menschliche Auge wahrnehmbar ist. Später erscheinen die Gläschen einfach weiß, offenbar wegen der zu geringen Lichtintensität, die nicht ausreicht, in unserem Auge eine Farbenempfindung hervorzurufen. Es scheint, daß, ebenso wie das Bakterienlichtspektrum mit einer Ausnahme nach Molisch[1] nur ein Helligkeitsspektrum ist, auch hier schließlich die Gläschen in weißer Farbe leuchten.

Das erwähnte weiße Licht strahlen dann freilich die Substanzen mit abnehmender Intensität stundenlang aus, so daß ich nach Belichtung um Mittag des einen Tages noch am Morgen des folgenden das Licht wahrnehmen konnte.

Nach den ersten Vorversuchen, die mir zeigten, daß Keimlinge der *Fu* beziehungsweise *Sa* in reiner Luft vollkommen gerade, in unreiner mit Wiesner's Nutationen ohne jede Orientierung wuchsen, also sich verhielten wie im Dunkeln,

[1] H. Molisch, II., l. c., p. 129.

Digitized by Google

wenn sie mit alle drei oder vier Stunden belichteten Gläschen auf etwa 8 *cm* Distanz beleuchtet wurden, daß aber bei Belichtung der Substanzen nach je einer Stunde bei derselben Distanz der Lichtquellen deutlicher Heliotropismus zu bemerken war, wurde jener Versuch ausgeführt, den das Prot. Nr. 4 in seinem Verlaufe und die Photographien Fig. 4 und 5 in seinem Endergebnisse darstellen.

Um die Versuchsanordnung aller Experimente endgültig zu illustrieren, wurde hier auch der ganze Versuch aufgenommen.

Versuchsergebnis.

Wenn auch in der reinen Luft noch eine Krümmung zum Lichte stattgefunden hat, so ist sie jedenfalls so klein ausgefallen, daß man sie weder schätzungsweise noch mit dem Transporteur richtig angeben konnte.

Diese fast vertikale Stellung im Vergleiche zur starken Krümmung in der verunreinigten Luft spricht klar für die Steigerung der heliotropischen und Schwächung der geotropischen Empfindlichkeit der beiden Wickenspezies durch die unreine Luft.

Das Verhältnis der Winkel $Fu : Sa = 72{\cdot}8° : 46{\cdot}7°$ erscheint wieder als der Ausdruck der größeren Empfindlichkeit der *Fu* für die Laboratoriumsluft, ebenso der geringere Zuwachs derselben in unreiner Luft, $Fu : Sa = 1{\cdot}63\,cm : 2{\cdot}41\,cm$, nicht minder deren größere Dicke, $Fu : Sa = 2\,mm : 1{\cdot}5\,mm$.

Ich könnte hier fast wörtlich das beim photometrischen Versuche schon Gesagte wiederholen, weshalb ich diesbezüglich auf die eben herangezogenen Ausführungen verweise.

Was nun die Lichtintensität[1] der als Lichtquelle verwendeten drei Gläschen mit phosphoreszierender Substanz

---

[1] Bei der Lichtintensitätsbestimmung mit Hilfe eines Mikrobrenners bekannter Lichtintensität ergab sich eine große Schwierigkeit darin, daß das Photometer, so lange man mit dem Mikrobrenner innerhalb einer Distanz von 52 bis 92 *cm* vom Photometer blieb, während man die phosphoreszierenden Substanzen auf der anderen Seite des Photometers in der konstanten Entfernung von 6 *cm* beließ, nicht mehr die Fettfleckstreifen, sondern nur gleichmäßig helle Flächen zeigte. Erst diesseits beziehungsweise jenseits der angegebenen Distanzgrenzen wurden die Fettfleckstreifen sichtbar. Es wurde daher

Digitized by Google

anbelangt, so wurde sie bei den stark leuchtenden, farbigen, eben der Sonne 25 Minuten exponierten Objekten mit vollkommen ausgeruhtem Auge bestimmt — ich hatte mein Auge eine halbe Stunde an die Dunkelheit gewöhnt — und gleich

0·000.0158 N. K.

gefunden, woraus sich für die Lichtintensität bei den

Sa bei 6 *cm* Distanz der Wert von 0·000.0004 N. K.,
Fu » 8 *cm* » » » » 0·000.0002 N. K.

ergibt, eine Zahl, die gut mit der beim Wiesner'schen Photometerversuch erlangten übereinstimmt.

Da, wie früher erwähnt, nach relativ kurzer Zeit das blaue Licht für unser Auge verschwindet, also die Lichtintensität bedeutend abnimmt, hat man dieses Versuchsergebnis aufzufassen als Spezialfall der noch zu beschreibenden Induktionsversuche, wo mit einer alle Stunden erneuten Lichtintensität von 0·000.0002 N. K. ein ungemein auffallendes Resultat erzielt wird.

Es ist das meines Wissens der erste Fall, wo man mit so geringer Lichtstärke und doch eigentlich relativ großen Zeitintervallen einen deutlichen phototropischen Effekt erzielt hat.

Zu dieser Folgerung, den Versuch als Induktionsversuch anzusehen, glaube ich mich aus den vorhin erwähnten Vorversuchen berechtigt, die gezeigt haben, daß jenes »weiße Licht« bei der Auslösung der Bewegung zum Lichte kaum mehr in Betracht kommt, und wenn, so gebührt jedenfalls der photomechanischen Induktion der Hauptanteil am Effekte.

4. Induktionsversuche.

Wiesner[1] hat zuerst die von Müller-Thurgau[2] entdeckte Erscheinung einer Nachwirkung beim Heliotropismus

---

der Mittelwert der Grenzdistanzen 52 bis 92 *cm*, also 72 *cm*, bei der Berechnung der Lichtintensität der phosphoreszierenden Substanzen verwendet. Daher hat die Zahl für die bei diesem Versuche verwendete Lichtintensität nur einen approximativen Wert.

[1] J. Wiesner, l. c., p. 61, 69.

[2] H. Müller-Thurgau, Über Heliotropismus. Flora, 1876, p. 68.

Digitized by Google

genauer studiert und mit den bisherigen Kenntnissen über den Heliotropismus in Beziehung gebracht. Er ist es auch, der den Ausdruck »photomechanische Induktion« in Vorschlag brachte. Sie besteht darin, daß ein durch eine bestimmte Zeit beleuchtetes heliotropisches Organ, ob es nun vor der Lichtquelle stehen bleibt oder ihrer Wirkung entzogen oder einer entgegengesetzten Beleuchtung ausgesetzt wird, in derselben Stellung bleibt oder in eine andere gebracht wird, sich im Sinne der ursprünglichen Beleuchtung krümmt.

Die Tatsache, daß Wiesner alle einschlägigen Versuche in der früher beschriebenen Dunkelkammer unternahm, ließ auch hier neue Experimente, die den Faktor Laboratoriumsluft mit berücksichtigen, aussichtsvoll erscheinen.

Wiesner selbst hat, abgesehen von den zahlreichen Versuchen Ambronns, die er beaufsichtigte, auch selbst noch solche mit Wicke und Sonnenblume angestellt, von welchen diese nach Müller-Thurgau »stark negativ geotropisch und nur schwach heliotropisch« ist, während jene nach Neljubow's[1] und meinen Untersuchungen in ganz außerordentlicher Weise von den gasförmigen Verunreinigungen der Luft beeinflußt wird.

Wiesner[2] schreibt über *Vicia sativa:*

»Die Keimstengel von *Vicia sativa* verhalten sich insoferne denen der Sonnenblume entgegengesetzt, als sie stärker heliotropisch als geotropisch sind. Die Induktion des Heliotropismus erfolgt hier unter günstigen Verhältnissen nach 35 Minuten; die Induktion des negativen Geotropismus hingegen äußert sich bei horizontaler Aufstellung erst beiläufig nach 1 Stunde 15 Minuten.«

Auf die eben wiedergegebene Bemerkung Wiesner's über den Geotropismus komme ich später nochmals zurück, hier möchte ich nur erwähnen, daß es mir gelungen ist, durch Verwendung einer Lichtintensität von 0·00438, 0·00357, ja von 0·00165 und 0·0014 N. K. ganz zweifellose heliotropische Effekte bei einer Exposition von 5 Minuten zu erzielen.

---

[1] D. Neljubow, l. c.

[2] L. c., p. 64.

Digitized by Google

Indem ich auf die Photographie Fig. 6 und die Versuchsprotokolle Nr. 5 und 6 verweise, möchte ich bloß auf gewisse Vorsichten noch etwas genauer eingehen, die ich bei diesen Versuchen beobachtete.

Wie ich bei der Beschreibung des Lichtthermostaten von Molisch noch hervorheben werde, war derselbe unten um die heizende Flamme so dicht mit schwarzem Papier umgeben, daß das menschliche Auge, selbst nach halbstündigem Aufenthalt in der Dunkelkammer nicht eine Spur von Licht wahrnehmen konnte. War also die Belichtungsflamme ausgelöscht, so herrschte in der Dunkelkammer absolute Finsternis.

Die Belichtungsflamme, ein Flachbrenner von 23·65 N. K., stand zwischen beiden durch die Protokolle Nr. 5 und 6 wiedergegebenen Versuchen in der Höhe des ersten.

Die Distanzen der zur Verbindungsgeraden der Flamme und des Aufstellungsmittelpunktes näheren *Sa* betrugen 119 *cm* beziehungsweise 73 *cm*, die der *Fu* 130 *cm* beziehungsweise 81 *cm*.

Um ja sicher zu gehen, wurden noch über den zweiten wiedergegebenen Induktionsversuch große Dunkelstürze gleich nach Abdrehen der Flamme gestülpt.

Die erhaltenen Resultate könnten von einem der Grundversuche genommen sein, so genau stimmen sie zu den bisherigen. Man vergleiche das Protokoll Nr. 5 und 6.

Wieder ist ein ins Auge springender Unterschied zwischen den Pflanzen in reiner und unreiner Luft zu bemerken.

Diesmal hat auch eine Induktion von 2×5 Minuten binnen 48 Stunden nicht genügt, eine phototropische Krümmung bei den Pflanzen in der reinen Luft auszulösen; selbst die *Vicia sativa* erweist sich gerade, als ob sie nie dem Licht ausgesetzt worden wäre. Die negative geotropische Komponente erscheint diesmal bei den Pflanzen in reiner Luft als das einzig maßgebende.

Ganz anders ist das Bild in der unreinen Luft. Hier ist die Krümmung außerordentlich deutlich. Die Krümmungswinkel bei *Fu* : *Sa* = 80·5° : 47·4° bestätigen die oft gemachte Erfahrung von der verschiedenen Empfindlichkeit der verschiedenen Wickenspezies für die gasförmigen Ver-

Digitized by Google

unreinigungen der Luft, die die geotropische Komponente fast oder teilweise unwirksam machen.[1]

Die verschiedenen Längenzuwächse sowie die verschiedene Dickenzunahme sind eine Illustration mehr zu den bereits oft hervorgehobenen Tatsachen.

Daß ich diesmal im Versuchsprotokolle Nr. 5 alle Winkel angegeben habe, hat seinen Grund darin, weil es mir wichtig schien, einmal die individuelle Variation, mit der man bei solchen Versuchen zu rechnen hat, zu illustrieren. Bei *Fu* schwanken die Winkelwerte zwischen 60° bis 93°, bei *Sa* zwischen 20° bis 75°. Mir scheint es um so wichtiger, dies zu zeigen, weil in diesen Zahlen förmlich die ganze Skala der möglichen Winkel vom Optimum oder Maximum Wiesner's bis zum Minimum enthalten sind, trotzdem die Keimlinge knapp neben einander und nicht, wie Wiesner sie stets aufgestellt hat, einer hinter dem anderen stehen, so daß jeder im eigenen Blumentopf in seiner Krümmung den Ausdruck der Lichtwirkung in einer bestimmten Distanz abgeben sollte. Wenn auch die so von Wiesner[2] durchgeführten Versuche bei Wiederholungen ähnliche Ergebnisse zeitigten, so scheinen doch die eventuellen Fehler, die durch individuelle Variation entstehen können, sehr beachtenswert.

Die angegebenen Winkelwerte habe ich aber auch noch aus einem anderen Grund ausführlich gebracht. Sie zeigen uns nämlich ganz unzweideutig, daß schon der erste kurze Impuls des Lichtes auf das Plasma in der Laboratoriumsluft genügt, um dem weiteren Wachstum die Direktion zu geben, und zwar gleich mit der ganzen Stärke (90° bei *Vicia sativa*).

Wiesner[3] hat den Prozeß der photomechanischen Induktion verglichen mit der von Bunsen und Roscoe gemachten Entdeckung von der photochemischen Induktion.

Mir scheint es nun nicht unpassend, an das Beispiel des Chlors und des Wasserstoffes anzuknüpfen.

[1] Wiesner's Erfahrungen mit *Vica faba*, die er, um eine heliotropische Wirkung zu erzielen, drei Stunden dem Licht exponierte, können hier zweckmäßig zum Vergleiche herangezogen werden.

[2] L. c., p. 36.

[3] L. c., p. 66.

Digitized by Google

Eine Verbindung beider Elemente findet nach Baker[1] auch im Lichte nur äußerst langsam statt, wenn die Gase absolut trocken in absolut trockenem Raume dem Licht ausgesetzt werden.

Unendlich geringe Spuren eines Körpers fördern gewisse Reaktionen — Katalysatoren — und nach den neuesten Untersuchungen von Klatt und Lenár[2] sollen Spuren von Kupfer und anderen Metallen die Phosphoreszenz von Leuchtpulvern wesentlich begünstigen.

In diesen Analogis dürfte sich die Erklärung der außerordentlichen Empfindlichkeit der Pflanzen in verunreinigter Luft gegen Lichtreize finden. So wie man heute im stande ist, durch gewisse Beimengungen die Lichtempfindlichkeit photographischer Platten ins Unglaubliche zu steigern, so scheinen auch die gasförmigen Verunreinigungen als chemische Agentien das Plasma so zu beeinflussen, daß es eben mit zwingender Notwendigkeit reagiert bei einer Beleuchtungsintensität, bei der chemisch unbeeinflußtes Plasma derselben Pflanzen noch keine Spur einer Reizung aufweist.

Es ist das eine Anschauung, die sich unmittelbar aus der Wiesner'schen Auffassung der photomechanischen Induktion ergibt und die — eine »chemische Auffassung« — um so berechtigter erscheint, als tatsächlich die interessanten chemischen Analysen von Prianischnikow[3] ergeben haben, daß Pflanzen, die in Laboratoriumsluft gewachsen waren (er untersuchte *Phaseolus multiflorus*-Keimlinge), überhaupt eine andere Zusammensetzung aufweisen als die in reiner Luft.

Im zweiten Teile seiner Monographie, p. 25, berichtet Wiesner von neuen Versuchen über Induktion mit intermittierender Beleuchtung, die es gleichgültig erscheinen lassen, ob man einen Keimling 25 Minuten kontinuierlich oder je

---

[1] Baker zitiert nach H. Klinger V. v. Richter's Lehrbuch der anorganischen Chemie, 11. Aufl., 1902, p. 45.

[2] P. Lenár und V. Klatt, Über die Erdalkaliphosphore. P. Drude's Annalen der Physik, 1904, Bd. 15, und V. Klatt und P. Lenard, Wied. Ann., Bd. 38, 1889, p. 90.

[3] D. Prianischnikow, Zur Frage der Asparaginbildung. (Vorläufige Mitteilung.) Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., 1904, XXII., p. 39.

Digitized by Google

1 Sekunde beleuchtet und dann 2 Sekunden verdunkelt und diese Prozedur 25 Sekunden lang wiederholt.

Bei *Vicia sativa* erwiesen sich als Optimum der Induktionszeit bei 1·5 *m* Entfernung von der Flamme 35 Minuten, was bei Wiesner's Normalflamme von 6·5 Walratkerzen der induzierenden Lichtintensität von 0·444 W. E.[1] oder 0·003 W.K. entspricht. Bei 11 Minuten 20 Sekunden bekam er mit derselben niedrigen Lichtintensität kein Resultat mehr. Bei meinen Versuchen aber reagierten die Wicken noch auf eine Lichtintensität von 0·00167 beziehungsweise 0·00139 N.K. binnen 5 Minuten. Daß diese große Empfindlichkeit der Wicke eben wieder nur auf Rechnung der Laboratoriumsluft zu setzen ist, ist zweifellos und so gäbe es noch eine Fülle von Fragen, die sich dem Beobachter bei der Wiederholung der schönen Experimente von Wiesner aufdrängen, wenn man mit der durch den Gedanken an die Laboratoriumsluft beeinflußten Fragestellung an die Arbeit geht.

5. Bestimmung der Lichtintensitäten.

Man vergleiche dazu Protokoll Nr. 2.

Wiesner[2] hat zum ersten Male gezeigt, daß man die heliotropische Empfindlichkeit im Vergleiche zur Intensität des Lichtes zahlenmäßig bestimmen kann.[3] Er benutzte dazu eine Gasflamme von genau 6·5 Walratkerzen, wobei er die Lichtintensität bei 1 *m* Entfernung willkürlich gleich 1 annahm. Die Lichtintensitäten wurden unter Berücksichtigung des Satzes, daß die Intensität der Beleuchtung dem Quadrate der Entfernungen umgekehrt proportional ist, zahlenmäßig festgestellt.

Hier interessieren uns nur die erhaltenen unteren Grenzen und da wieder bloß die für *Vicia sativa* und *Vicia Faba;* für jene gibt Wiesner den Wert »jedenfalls bedeutend unter 0·008«, für diese 0·012 (nach Figdor[4] 0·0802 N. K.) an.

---

[1] W. E. = Wiesner's Einheiten.

[2] J. Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen, l. c., p. 40; vergl. auch W. Figdor, l. c., p. 5.

[3] J. Wiesner, l. c., p. 35.

[4] W. Figdor, l. c., p. 5.

Digitized by Google

Schon daraus ergibt sich wieder die Folgerung von der verschiedenen Empfindlichkeit der Wickenspezies für das Licht. Nach p. 38 reichten die Lokalitäten des pflanzenphysiologischen Institutes nicht aus, um die untere Intensitätsgrenze, auf die *Vicia sativa* noch reagiert, zu ermitteln. In den neuen Räumlichkeiten dieses Institutes in Wien führte W. Figdor neue Versuche in der angegebenen Richtung durch, bei denen er, weil von vorneherein auf die Ermittelung der geringsten Intensitäten, die noch einen heliotropischen Effekt erzielen konnten, ausgehend, in der Wiesner'schen Versuchsanstellung zunächst die starke Leuchtflamme durch einen Mikrobrenner ersetzte. Dessen Leuchtintensität wurde mit dem Bunsen'schen Photometer bestimmt und die Intensitäten der Erleuchtung an den Stellen von 50 zu 50 *cm* von der Flamme aus berechnet. Die Keimlinge wurden so gesät, daß sie sich nicht behinderten und gegenseitig beschatteten. Der Moment der Beobachtung stellte gleichzeitig den des Versuchsabschlusses vor, wodurch Fehler, die einer photomechanischen Induktion zuzuschreiben gewesen wären, gänzlich ausgeschlossen waren.

Das auf *Vicia sativa* bezügliche Resultat lautet:[1] »Die untere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit liegt zwischen den Lichtintensitäten 0·0025574 und 0·0013048 Normalkerzen«. Die größte Empfindlichkeit fand Figdor bei *Amaranthus melancholicus ruber (Hortorum), Papaver paeoniflorum* und *Lunaria biennis*, nämlich kleiner als 0·0003262 Normalkerzen.

Wichtig erscheint für unsere Frage die Erwähnung von dem Auftreten der undulierenden Nutation (p. 2), die Bemerkung von den möglichst gerade gezogenen Keimlingen der Wicke (p. 5), den »mannigfachen Nutationen« bei *Impatiens Balsamina* (p. 6) u. s. f., die sich ja aus der Verwendung eines »mit Leuchtgas gespeisten Mikrobrenners« (p. 3) vollkommen erklären.

Wiesner[2] hat nun im Veröffentlichungsjahre der Figdor'schen Arbeit einige sehr interessante Berechnungen über die

[1] W. Figdor, l. c., p. 6.

[2] J. Wiesner, Versuch einer Bestimmung der unteren Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit nebst Bemerkungen zur Theorie des Heliotropismus. Österr. bot. Zeitschr., 1893, Nr. 7, p. 233.

Digitized by Google

chemische Intensität des Lichtes mitgeteilt, die bei Pflanzen, wie den erwähnten, noch Heliotropismus hervorruft.

Wie aus seiner Monographie über den Heliotropismus bekannt ist, werden bei niederen Lichtintensitäten alle, selbst sehr lichtempfindliche Pflanzenorgane, die bei größeren Lichtstärken auch auf Rot-Orange reagieren, nur in stark brechbarem Lichte heliotropisch. Da nun das Gaslicht außerordentlich arm an sogenannten chemischen Strahlen ist, erhellt, daß die faktische Empfindlichkeit reizbarer Pflanzenorgane außerordentlich kleinen Intensitätswerten entsprechen muß, wenn man die chemische Intensität der Gasflamme bei dem gefundenen Grenzwerte berechnet.[1]

Bei Verwendung einer bestimmten Flamme betrug die Lichtintensität in der Distanz von 10 *cm* 1·598 Meterkerzen und die chemische Intensität $\frac{1}{7000} = 0{\cdot}000143$ der Bunsen-Roscoe'schen Einheit.

Aus diesen Werten berechnete nun Wiesner die chemische Lichtintensität, auf die Wickenkeimlinge noch reagieren, mit 0·000.000.116, bezogen auf die Bunsen-Roscoesche Einheit; für *Amaranthus* ergab sich gar die Zahl 0·000.000.026. Der berechtigte Schluß lautet, daß die Pflanzen »noch auf Bruchteile von Millionstel der Bunsen-Roscoe'schen Einheit reagieren«.[2]

Läßt man die chemische Intensität aus dem Spiele und beachtet bloß die in Normalkerzen ausgedrückten Werte, so erscheinen die von mir verwendeten Intensitäten noch bedeutend kleiner als die Wiesner's und Figdor's, wenn die Normalkerzen Figdor's und die Meterkerzen Wiesner's sowie die von mir zur Bestimmung benützten »Normalkerzen« als gleich lichtstark angesprochen werden dürfen.

Leider haben weder Figdor noch Wiesner die Stärke des verwendeten Mikrobrenners angegeben.

Die von mir berechneten Lichtintensitäten, auf welche Futter- und Sandwicken, *Vicia sativa* L. und *Vicia villosa*

---

[1] J. Wiesner, l. c., p. 234 und 235.

[2] J. Wiesner, l. c., p. 235.

Digitized by Google

Roth., in Laboratoriumsluft ungemein stark und *Fu* in reiner Luft noch deutlich reagieren, lauten gegenüber 0·0013048 N. K. Figdor's:

Intensität		Protokoll	Anmerkung
0·000.0002	N. K.	1 u. 2	Versuche mit Gasflammen
0·000.00023	»	3	Lichtintensitätsdifferenz beim photometrischen Versuche
0·000.0002	»	4	Für *Fu* } beim Versuche mit den phos-
0·000.0004	»	4	» *Sa* } phoreszierenden Substanzen
0·000.0007	»	7	Versuch mit einer Leuchtbakterienkultur von 0·00018 N. K. auf 16 *cm* Distanz
Die *Vicia villosa* reagiert in reiner Luft nicht mehr auf die Lichtintensität von			
0·000.000.2	N. K.	1 u. 2	Versuche mit Gasbrennern und
0·000.000.23	»	3	Photometrischer Versuch
Bei Induktionsversuchen mit 5 Minuten-Induktion erzeugten die Intensitäten:			
0·00167	N. K.	5 u. 6	Bei *Sa* } in Laboratoriumsluft ungemein
0·00139	»	»	» *Fu* } klare,
in reiner Luft keine Resultate, ja selbst			
0·00443	N. K.	5 u. 6	bei *Sa* } konnten bei diesen Pflanzen in reiner Luft in derselben Zeit
0·00360	»	»	» *Fu* } Heliotropismus nicht induzieren.

Aus diesen Zahlen geht zunächst wiederum unzweideutig hervor der fördernde Einfluß, den die Laboratoriumsluft bei der

Digitized by Google

heliotropischen Krümmung ausübt. Ebenso macht sich der wesentliche Unterschied in der Empfindlichkeit beider Wicken gegen Lichtreize und Laboratoriumsluft geltend.

Da ich bei der Besprechung der verschiedenen Versuche darauf genauer eingegangen bin, mag mit diesen kurzen Bemerkungen auf das Gesagte verwiesen sein. Im besonderen beachte man den Schluß des Abschnittes »Versuche mit phosphoreszierenden Substanzen« und »Induktionsversuche«.

Dagegen ergeben sich hier unüberbrückbare Differenzen in den Werten, die Wiesner und Figdor einerseits, andrerseits ich erhalten haben. Wenn der Grund nicht in einer anderen Bewertung der Normalkerze oder in einem minder empfindlichen Photometer, oder in der Schwierigkeit liegt, von eindeutigen Resultaten zu reden, wenn man mit allerlei Nutationen rechnen muß, oder sich die Unterschiede aus meinen meist stark blauen Lichtquellen erklären, dann bleibt nur noch eine Vermutung, da die auffallende Übereinstimmung aller bei so verschiedenen Lichtquellen ermittelten Werte einen erheblichen Fehler in der Berechnung nicht wahrscheinlich macht, daß sich Wicken, die in Laboratoriumsluft ausgekeimt sind, wie die Wiesner's und Figdor's, gegen Lichtreize weniger empfindlich erweisen als solche, die, wie meine, aus reiner Luft gebracht, plötzlich der Wirkung der Laboratoriumsluft vor einer Lichtquelle ausgesetzt werden.

Ich habe in der Tat bei den Versuchen über Geotropismus allein öfters eine solche gesteigerte Empfindlichkeit beim Übertragen von Pflanzen aus der reinen in die unreine Luft gegenüber solchen, die durchaus in unreiner blieben, zu sehen vermeint, doch niemals größeren Wert darauf gelegt, so daß ich auch keine mitteilbaren Notizen darüber besitze. Jedenfalls aber wäre es von Wert, wenn hier mit einer neuen, freilich etwas mühsamen Arbeit eingesetzt würde, die gewiß zur Klärung dieser Frage führen müßte.

Auffallend hoch erscheinen die bei den Bakterienversuchen ermittelten Intensitätsangaben, obwohl sie noch immer unvergleichlich tiefer sind als die Figdor's und Wiesner's.

Die Empfindlichkeitsgrenze scheint hier für Versuche mit *Sa* und *Fu* auch in unreiner Luft durch die Zahl 0·0000007 N.K.

Digitized by Google

fast erreicht zu sein, jedenfalls liegt sie nicht mehr weit davon nach abwärts, da 0·000.000.46 N. K. keinen Heliotropismus mehr hervorruft.

Ganz präzise Resultate erzielte Molisch[1] bei etwas höherer Lichtintensität. Natürlich würde auch hier noch bei genauen darauf abzielenden Versuchen die Empfindlichkeitsgrenze für *Sa* in unreiner Luft höher gefunden werden als für die *Fu*.

Die Futterwicke reagiert in reiner Luft kaum mehr auf 0·000.0007 N. K. Dieser Unterschied zwischen Bakterienlicht und den anderen Lichtquellen muß auffallen, um so mehr als deren Werte ungemein gut miteinander stimmen. Diese scheinbare Erhöhung der Empfindlichkeitsgrenze dürfte sich, da man kaum von »besserer Luft« gerade während der Bakterienlichtversuche sprechen kann — vergl. die sonstige Versuchsanstellung — aus dem Mangel eines großen Teiles der chemisch wirksamen Strahlen des Bakteriumspektrums erklären, die bekanntlich die heliotropisch wirksamsten sind.

6. Versuche mit Leuchtbakterien.

Molisch[2] hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß Keimlinge der Wicke, Erbse etc. und Fruchtträger von *Phycomyces nitens* der Einwirkung der Strahlen von Leuchtbakterienkulturen ausgesetzt, sich zu dieser Lichtquelle hinwenden.

Der verwendete Leuchtorganismus war das *Bacterium phosphoreum* (Cohn) Molisch, das wegen seiner großen Leuchtkraft und der Fähigkeit, durch Wochen seine Leuchtkraft sozusagen unvermindert beizubehalten, ausgezeichnet ist. Die gewöhnliche Kulturform: Strichkulturen in der Petrischale oder in Eprouvetten; der Nährboden für den Leuchtorganismus Glyzerin-Pepton-Gelatine.[3]

Die gewöhnliche Distanz der in einer Reihe in einem Blumentopfe gesetzten, im Glashause zum Auskeimen gebrachten, mithin vollkommen geraden und schlanken Versuchskeimlinge betrug bei Molisch's Experimenten etwas weniger

[1] H. Molisch, I., l. c., p. 143.
[2] H. Molisch, I., l. c., p. 141.
[3] H. Molisch, II., l. c., p. 95.

Digitized by Google

als 10 *cm*. Daß der Heliotropismus der Keimlinge im Laboratorium zweifellos eintrat, zeigt schon die der Arbeit beigegebene Photographie. Auf die auffallende Tatsache vom Ausbleiben des Effektes in der reinen Luft des Gewächshauses hat Molisch bereits aufmerksam gemacht.

Bei seinen weiteren Untersuchungen, besonders der Leuchtbakterien im Hafen von Triest,[1] gelang es ihm, eine *Pseudomonas* zu finden, die so intensiv leuchtet, daß es gelingt, ihr Licht in ein Spektrum aufzulösen, das für unser Auge deutlich farbig erscheint. Es ist das der erste Fall, wo dies gelang, und die *Pseudomonas lucifera* der stärkst leuchtende, derzeit bekannte pflanzliche Mikroorganismus. Von der Dauer des Leuchtens sagt Molisch, es währe mit abnehmender Intensität etwa acht Tage. Da nun bei meinen heliotropischen Versuchen in der Regel bloß eine Versuchsdauer von zwei Tagen in Betracht kam, schien mir dieser Lichtorganismus auch noch ein Hinausgehen über die von Molisch für *Bacterium phosphoreum* angegebene Grenzdistanz zu versprechen.

Daß ich mich hierin nicht getäuscht habe, beweist ein Blick auf das Protokoll Nr. 7.

Da, wie aus den Versuchsaufzeichnungen hervorgeht, der große Längen- und Dickenunterschied zwischen den Pflanzen in reiner und unreiner Luft wieder auftrat, auch die Winkel, welche die verschiedene heliotropische Empfindlichkeit in reiner und unreiner Luft derselben und die der verschiedenen Wickenspezies in unreiner Luft illustrieren, mit der erfahrungsmäßigen Deutlichkeit zur Geltung kamen, verzichtete ich in diesem Fall auf eine Messung derselben, um gleichzeitig mit dem relativ reichlichen Material eine andere Frage zu beantworten.

Versuche über Chlorophyllbildung im Bakterienlichte.

(Im besonderen im Lichte der *Pseudomonas lucifera* Molisch.)

Bekanntlich hat Molisch[2] auf Grund seiner genauen Experimente im Bakterienlichte mit *Bacterium phosphoreum*

[1] H. Molisch, V. Die Leuchtbakterien im Hafen von Triest. Diese Sitzungsber., Bd. CXIII, Abt. I, Oktober 1904.

[2] H. Molisch, I., l. c., p. 7 [147].

Digitized by Google

(Cohn) Molisch weder an Gersten- noch an Kressenkeimlingen, die er so nahe wie möglich an die Leuchtkulturen heranbrachte und deren Lichte tagelang aussetzte, auch nur eine Spur von Ergrünen wahrnehmen können, ebenso versagten alle Versuche, mit dem Zeiss'schen Spektralapparat im Alkoholextrakte der Keimlinge eine Spur, ja nur eine Andeutung des Chlorophyll-absorptionsstreifens zwischen *B* und *C* zu sehen, von den anderen Streifen natürlich nicht zu reden.

Issatchenko[1] hat, angeregt durch die Untersuchungen von Molisch, besonders die Wirkung des Leuchtbakterienlichtes auf die Chlorophyllbildung studiert und ist bei Hafer zu einem den Molisch'schen Befunden gerade entgegengesetzten Resultat gekommen.

Es schien mir nun ungemein passend, meinen Versuch zur Kontrolle der Streitfrage auszunützen.

Das Material an Keimlingen jedes Blumentopfes wurde also, da die Keimlinge ja längere Zeit dem Bakterienlichte ausgesetzt waren, für sich mit gut gereinigter Schere, in mit Benzin und Alkohol gewaschenen Porzellanreibschalen mit ebenso gereinigtem Porzellankolben in 96% Alkohol bei dem schwachen Lichte einer roten Lampe in der Dunkelkammer zerrieben, hier durch entsprechend gereinigte Glastrichter filtriert und das Filtrat darauf sofort im Zeiss'schen Spektralapparate untersucht.

Der Erfolg der Untersuchung war die Feststellung des vollkommenen Fehlens von Chlorophyll. Dieses Resultat fand sich bei den Pflanzen aus der reinen Luft ebenso wie bei denen aus der unreinen. Wenn nun auch dieser eine Versuch mit den vier gleichsinnigen Ergebnissen noch nicht als Entscheidung in der obigen Frage gelten kann, so erscheint er doch als wesentliche Stütze für Molisch's Ansicht.

Wir sehen eben, daß die verwendete Lichtintensität, beziehungsweise die im Bakterienlichte enthaltenen Strahlen wohl ausreichend waren, um den Heliotropismus hervorzurufen, aber keineswegs, um Chlorophyll zu bilden.

---

[1] M. B. Issatchenko, Quelques expériences avec la lumière bactérienne. Zentralbl. für Bakt. etc., II. Abt., X. Bd., 1903, p. 497 bis 499.

Digitized by Google

Die Lichtstärke einer *Pseudomonas*-Kultur ergab sich mit 0·00018 N. K., woraus für die Distanz von 16 *cm* als heliotropismusauslösende Kraft eine Intensität von

0·000.000 7 N. K.

resultiert. Diese vermag ebensowenig wie die gewiß bedeutend größere in den Versuchen von Molisch, Ergrünen hervorzurufen.

0·000.0007 N. K. dürfte wohl die Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit der *Vicia sativa*-Keimlinge im Bakterienlichte darstellen, da bei 20 *cm* Distanz, entsprechend 0·000.000.46 N. K. kein heliotropischer Effekt mehr erzielt wurde.

7. Ein neuer Thermostat für Lichtkulturen von Molisch.

Die vielfach verwendeten Thermostaten leiden gewöhnlich an dem Mangel, daß sie kein Licht zu den Kulturen zutreten lassen und, da ein Zimmer mit konstanter Temperatur[1] sich nicht leicht überall herstellen läßt, benützte ich einen von Molisch konstruierten Lichtthermostaten, dessen Beschreibung ich aus Aufzeichnungen meines Lehrers mit seinen Worten mir wiederzugeben erlaube.

In einem verweise ich auf die Photographie Fig. 9.[2]

»Der auf vier Holzfüßen stehende Thermostat besitzt einen doppelten, aus zwei durch einen 9 *cm* dicken Luftraum getrennten Kupferplatten bestehenden Boden. Auf der oberen Kupferplatte steht ein 53 *cm* breiter, etwa ebenso hoher und 41 *cm* tiefer, mit Holzrahmen zusammengehaltener Glaskasten. Darüber steht ein zweiter, ebenso gestalteter Glaskasten, um die Wärmeausstrahlung zu mäßigen. Der Zwischenraum zwischen den Glaswänden des äußeren und inneren Kastens beträgt 5 *cm*.

Um in den Kulturraum zu gelangen, dienen die Glastüren t und t_1. Rechts befindet sich ein Reichert'scher Thermoregulator in einem besonderen

---

[1] W. Pfeffer, Ein Zimmer mit konstanten Temperaturen. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., Bd. XIII, 1895, p. 49 bis 54.

[2] Für die Herstellung dieser Photographie danke ich meinem Freunde Ruttner herzlich.

Digitized by Google

Kästchen, von welchem durch eine besondere Öffnung das winkelig abgebogene Quecksilberrohr fast bis in die Mitte des Kulturraumes hineinreicht. Es ist hier durch ein Metallrohr vor dem Zerbrechen geschützt.

Der Kulturraum enthält mehrere beliebig verstellbare Seitenleisten, auf welche Glasplatten zur Aufnahme der Kulturobjekte gelegt werden.

Die Beheizung des Thermostaten vermitteln ein bis drei unterhalb des Kupferbodens angebrachte Bunsenbrenner.

Die Temperatur in den verschiedenen Etagen des Kulturraumes ist verschieden groß, sie ist in den höheren niederer als in den tieferen. Dies ist für den Experimentator sehr erwünscht, weil er dann ähnlich wie in einem Zimmer mit konstanter Temperatur gleichzeitig bei verschiedenen Temperaturen arbeiten kann«...

»Dieser Apparat steht bereits seit 6 Jahren in meinem Institute in Verwendung und hat verschiedenen Versuchen mit Vorteil gedient«.

Dieser Beschreibung hätte ich nur noch hinzuzufügen, daß der Apparat, vorausgesetzt, daß er sich in einem, Temperaturschwankungen wenig ausgesetzten, also etwa ungeheitzten Raume [1] befindet, tage-, ja wochenlang, trotz der relativ mangelhaften Umkleidung mit schlechten Wärmeleitern, die Temperatur konstant erhält.

Wesentlich für die Haltbarkeit des Apparates sind Bohrlöcher, die das gebildete Kondensationswasser ablaufen lassen. Ich bin überzeugt, daß bei Wahl geeigneten Materials auch jene Mängel, die sich durch das Verquellen des Holzes bei langem Gebrauch ergeben und ab und zu ein Austrocknenlassen des Kastens notwendig machen werden, entfernt werden können.

Endlich möchte ich darauf hinweisen, daß sich gerade dieser Doppelglaskasten wie selten einer dazu eignet, die Darwin'schen Zeichengitter anzubringen, wodurch man bei Anbringung der Gitter innen und außen die Beobachtungsrichtung des Auges genau fixieren kann, wie dies beim Studium der Zirkumnutationsbewegung notwendig war.[2]

Bei meinen heliotropischen Versuchen stand die Lichtquelle in der Höhe der Keimlinge natürlich außen. Die Beheizungsflamme war bei den heliotropischen Versuchen durch schwarzes Papier vollkommen verdeckt.

[1] Vergl. Fr. Czapek, Ein Thermostat für Klinostatenversuche. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., 1900, XVIII., p. 133.

[2] Oswald Richter, l. c., p. 188.

Digitized by Google

Über die Spiegeleinrichtung bei Versuchen mit Beleuchtung von unten vergleiche Abschnitt *C*.

Miquel hat zuerst[1] einen Lichtthermostaten konstruiert, seine »kleine heizbare gläserne Dampfkammer«, die ihm bei seinen Versuchen über die Wirkung der Temperatur auf das Diatomeenwachstum treffliche Dienste leistete.

Die Beschreibung des Lichtthermostaten von Molisch zu bringen, schien mir trotzdem umso geeigneter, als der von Molisch konstruierte, in seiner vielfachen Verwendbarkeit meines Wissens einzige Apparat der erste in seiner Art ist.

B. Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus.

Die beschriebenen Erscheinungen: ein Spezialfall der anästhesierenden Wirkungen der Narkotika.

Zu wiederholten Malen konnte ich bereits auf Bemerkungen Wiesner's[2] aufmerksam machen, die auf seine aus seinen Experimenten sich unmittelbar ergebenden Anschauungen über das Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus zurückzuführen sind. Im besonderen kommt es mir hier auf seine auf p. 55 und 56 geäußerten Ansichten und auf die auf p. 24 meiner Arbeit mitgeteilte Bemerkung an.

> Darnach braucht es 1 Stunde 15 Minuten, um bei *Vicia sativa* den Geotropismus zu induzieren, während nach 35 Minuten-Induktion der heliotropische Effekt bereits eintritt und bei konstanter, relativ schwacher Beleuchtung vermag die Wirkung des Lichtes die der Schwerkraft wenigstens bei *Vicia sativa* vollkommen aufzuheben.[2]

Inwieweit diese Meinung noch bei Anwendung sehr starker Lichtintensitäten richtig sein mag, muß vorläufig dahingestellt bleiben, obwohl nach dem bisher Mitgeteilten auch für diesen Fall neue Untersuchungen in reiner Luft am Platze sind, soweit sie aber niedere betreffen und die Lichtintensitätsgrenzen, bei

---

[1] P. Miquel, De la culture artificielle des Diatomées. Le Diatomiste, Bd. I, 1892, p. 97.

[2] Wiesner's Monographie, l. c., p. 64.

Digitized by Google

denen noch Heliotropismus beobachtet wird, in Betracht ziehen, ist für das Auslöschen der geotropischen Empfindlichkeit nicht das Licht, sondern sind die Spuren der gasförmigen Verunreinigungen der Luft veranwortlich zu machen.

Czapek[1] vertritt in seiner im Wiener pflanzenphysiologischen Institute durchgeführten Arbeit in Bezug auf das Zusammenwirken des Geotropismus und des Heliotropismus im besonderen auch bei *Vicia sativa* die von Wiesner geäußerten Anschauungen. Es gelang ihm, Keimlinge ausfindig zu machen, die »gewissermaßen als gleichmäßig heliotropisch und geotropisch empfindlich betrachtet werden können«,[2] nämlich solche von »*Avena sativa, Phalaris canariensis, Lepidium sativum, Sinapis alba*«, die nun im weiteren Verlaufe der Arbeit die bevorzugten Experimentalobjekte bildeten. Es wäre gewiß sehr interessant, nachzusehen, ob dieses gleichartige Reagieren der genannten Gewächse auf Licht- und Schwerkraftreize auch in der reinen Luft eines Gewächshauses beobachtet würde oder ob in reiner Luft der eine oder andere Tropismus gefördert erschiene. Man könnte sich nämlich auch in Fällen, wie die genannten, ganz gut vorstellen, daß die gasförmigen Verunreinigungen der Luft einen unter natürlichen Verhältnissen vorhandenen starken Geotropismus so hemmen können, daß ein gleichmäßiges Reagieren auf Licht- und Schwerkraftreiz im Laboratorium vorgetäuscht werden könnte.

Mit dem Hinweis auf die Laboratoriumsluft erscheint auch der Standpunkt fixiert, den man vorläufig den Oltmanns'schen[3] Untersuchungen gegenüber einzunehmen hat. Vielleicht dürfte auch der Umstand, daß nach Stahl[4] *Adoxa*-

»Rhizome, die bei einseitiger Lichtzufuhr auf dem Klinostaten einer langsamen Rotation um eine horizontale Achse ausgesetzt waren, bei Ausschluß der geotropischen Krümmungen lebhafte Nutationen ausführen, die sich aber von dem Lichteinfall vollständig unabhängig erwiesen«,

[1] Fr. Czapek, Über Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus. Diese Sitzungsber., Bd. CIV, Abt. I, März 1895, p. 1 [337].

[2] Fr. Czapek, l. c., p. 9 [345].

[3] Fr. Oltmanns, l. c.

[4] E. Stahl, Einfluß des Lichtes auf den Geotropismus einiger Pflanzenorgane. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., II., 1884. p. 387.

Digitized by Google

durch die Wirkung der gasförmigen Verunreinigungen der Luft seine Erklärung finden.

Es sei mir auch gestattet, der »Veränderungen, welche gänzlich unberechenbare Folgen hatten«, zu gedenken, die Vöchting[1] bei seinen Experimenten mit Blüten und Blütenstielen hatte, die er zur weiteren Beobachtung im »Laboratorium« hielt. »Manchmal richteten sich die Stiele lediglich empor, dann wieder erhoben sie sich, um nun ganz unregelmäßige Bewegungen zu beschreiben.«[2] »Ähnliche Beobachtungen machte Pfeffer.«[3]

Daß übrigens das Licht, ja auch Temperaturschwankungen allein einen auffallenden Einfluß auf die Lage der Organe der Pflanzen gegen die Schwerkraft haben, beweisen die Vöchtingschen Untersuchungen in der freien Natur[4] und im Gewächshause und die Stahl's[5] und Lidforss',[6] soweit sie nicht im Laboratorium durchgeführt sind. Mit derselben Beschränkung wären hier auch F. Noll's[7] Untersuchungen über heterogene Induktion zu nennen.

Es ist nun die Frage, ob sich eine solche Erklärung, wie sie zuerst Molisch[8] für die heliotropischen Effekte bei Vicien und dergleichen im Laboratorium gegeben hat und ich sie durchgehends vertreten habe, mit anderen schon bekannten Tatsachen in Einklang bringen läßt.

Nach Neljubow finden sich in der Laboratoriumsluft Spuren von Leuchtgas mit seinen üblichen Beimengungen von

---

[1] H. Vöchting, Über den Einfluß der Wärme auf die Blütenbewegungen von *Anemone stellata*. Jahrb. für w. B., Bd. 21. 1890, p. 294.

[2] H. Vöchting, l. c., p. 295.

[3] W. Pfeffer, zitiert nach Vöchting, l. c., p. 294.

[4] H. Vöchting, l. c., p. 285. — Über den Einfluß niedriger Temperatur auf die Sproßrichtung. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., Bd. 16, 1898, p. 37.

[5] E. Stahl, l. c.

[6] Bengt. Lidforss, Über den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen. Jahrb. für w. B., Bd. 38, 1903, p. 343.

[7] F. Noll, Über heterogene Induktion. Leipzig, Verlag von Wilh. Engelmann, 1892, p. 57. — Über Geotropismus. Sep. aus: Jahrb. für w. B., 1900, Bd. XXXIV, Heft 3, p. 496.

[8] H. Molisch, III., L. c., p. 7.

Digitized by Google

Äthylen, Acethylen, Benzol, Xylol u. s. f. Alle diese Stoffe gehören aber nach den neuesten Untersuchungen von Overton[1] zu den Anästhetizis, deren reizaufhebende Wirkung ja allgemein bekannt ist.

In einer kleinen Arbeit habe ich[2] die einschlägigen Erfahrungen zusammengestellt. Es sei auf sie und auf Pfeffer's[3] Pflanzenphysiologie in Betreff der Literatur verwiesen.

Besonders beachtenswert sind für unsere Frage die Untersuchungen von Bert,[4] wonach bei *Mimosa pudica* wohl die Reizbarkeit gegen Berührung in Äther- oder Chloroformatmosphäre aufgehoben wird, ohne aber die für das Licht zu sistieren. In ähnlicher Weise zeigt sich das Plasma von Wurzeln, wie Czapek[5] nachgewiesen hat, chloroformiert, nicht mehr fähig, die chemischen Umsätze zu besorgen, die zum Wachstume notwendig sind, während es sehr wohl noch im stande ist, den geotropischen Reiz zu perzipieren. Hier wären auch die Untersuchungen von Rothert[6] zu nennen, die beweisen, daß selbst bei einzelligen Pflanzen die verschiedenen Lebensvorgänge durch Anästhetika verschieden beeinflußt werden: es kann die Lichtempfindlichkeit schon lange sistiert sein, während die Bewegungsfähigkeit noch unbeeinflußt ist.

Von diesem Standpunkte aus stellen sich die gelegentlichen Beobachtungen von Molisch[7] und meine Untersuchungen über das verschiedene Verhalten von Pflanzen in reiner und unreiner Luft vor einer Lichtquelle dar als Spezialfall der Wirkung der Anästhetika auf das Plasma und der Hemmung von dessen Empfindlichkeit gegen einen Faktor, nämlich den

---

[1] E. Overton, Studien über Narkose. Jena, Verlag Gustav Fischer, 1901.

[2] Oswald Richter, Narkose im Pflanzenreiche. »Lotos«, 1905, Nr. 2, p. 7.

[3] W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie. Leipzig 1904, 2. Aufl., Bd. 2, p. 534.

[4] P. Bert, vergl. Note 2.

[5] Fr. Czapek, vergl. Note 2.

[6] W. Rothert, vergl. Note 2.

[7] H. Molisch, I., L. c. — III., L. c.

Digitized by Google

geotropischen und bilden eine Ergänzung der Beobachtungen von Neljubow, Singer und mir.

Seit Molisch's Versuchen über Aërotropismus,[1] wo er ganz abnorme Krümmungen an Wurzeln in einer Atmosphäre bemerkte, die nur Spuren von Leuchtgas enthielt, sind dies wieder die ersten Befunde in dieser Richtung, die nämlich gerade auf ein Aufheben der geotropischen Empfindlichkeit durch Anästhetika hindeuten, denn aus Czapek's Befunden geht hervor, daß die Wurzelspitze die Fähigkeit, sich gegen den Erdmittelpunkt zu orientieren, noch beibehält, wenn sogar die Wachstumsfähigkeit durch die Narkotisierung und auf deren Dauer aufgehoben ist.

Neu erscheint aber auch die ungewöhnliche Verdünnung, in der die Narkotika der Laboratoriumsluft noch ihren unzweideutigen Einfluß geltend machen.

Mit dem Auslöschen der Wirkung der geotropischen Komponente muß eine Steigerung der heliotropischen Empfindlichkeit Hand in Hand gehen. Es scheint schwer möglich, auch hier ein Analogon aus dem Gebiete der niederen Organismen zu bringen, denn selbst der Umstand, daß es Rothert[2] gelang, bei *Chlamydomonas* und *Gonium*, wie er sich ausdrückt, »durch Chloroform einen Umschlag der phototaktischen Stimmung aus negativer in positive zu bewirken«, das heißt »das Optimum der Lichtintensität für die Organismen durch das Chloroform zu erhöhen«, läßt sich nicht vollkommen in eine Parallele bringen, umso weniger, als sonst vielfach bei den anderen niederen Organismen eine Schwächung des phototropischen Effektes durch die Narkotika eintrat.

Zum Schlusse dieses Abschnittes möchte ich nun noch die Aufmerksamkeit auf die Photographien Fig. 7*a* und *b* und 8*a* und *b* und die Protokolle Nr. 8 und 9 lenken. Fig. 8*b* stellt Erbsenkeimlinge dar, die in Laboratoriumluft vor einer Gasflamme gezogen wurden, welche zunächst in der Höhe der

---

[1] H. Molisch, VI. Über die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase (Aërotropismus). Diese Sitzungsber., Bd. XC, Abt. I, 1884, p. 188.

[2] W. Rothert, l. c., p. 42 und 67.

Digitized by Google

Keimlinge gehalten, diese zum Horizontalwachsen veranlaßte, worauf ihnen durch Spiegelwirkung von unten die Direktion nach abwärts gegeben wurde. Diese Keimlinge sind keineswegs schlaff und deshalb so herabhängend gewesen, vielmehr waren sie ungemein turgeszent.

Die Erklärung der zu stande gekommenen U-förmigen oder besser ⇂⌒-Krümmung ist wieder in der Wirkung der Laboratoriumsluft zu suchen, die unter diesen Verhältnissen den negativen Geotropismus vollständig ausgelöscht hat, so daß sogar bei negativ geotropischen Organen eine scheinbar positiv geotropische Krümmung gegen die Lichtquelle zu stande kam. Ich bin überzeugt, daß man mit diesen Keimlingen »ohne Geotropismus« durch Beleuchtung von verschiedenen Richtungen die abnormsten Gestalten formen könnte.

H. v. Mohl[1] hat bereits bei Keimlingen der Kruziferen die Beobachtung gemacht, daß, wenn er sie in

»...einem mit Ausnahme des unteren Endes ringsum geschlossenen, im Innern schwarz angestrichenen Kasten, in welchen das Licht von unten her durch einen Spiegel geworfen wurde, in horizontaler Richtung aufhängte, durch diesen Einfluß des Lichtes die Wirkung der Schwere vollkommen überwunden werden kann, indem die Pflänzchen gezwungen wurden, ihren Stengel senkrecht nach unten zu wenden«.

Auch Müller (Thurgau)[2] und Czapek[3] haben diese Beobachtung gemacht.

»Danach überwiegt bei den meisten horizontal gelegten, von unten beleuchteten Keimpflanzen die Einwirkung des Lichtes über diejenige der Schwerkraft, sie krümmen sich nach unten«.[2]

Da besonders auch Wiesner,[4] der bei seiner Versuchsanstellung mit relativ kleinen Lichtintensitäten und mit den

---

[1] H. v. Mohl, Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. Aus Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Braunschweig, Verlag von Friedr. Vierweg & Sohn, 1851, p. 140.

[2] H. Müller (Thurgau), Über Heliotropismus. Flora, 1876, p. 94.

[3] Fr. Czapek, Über Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus. L. c., p. 27.

[4] Wiesner's Monographie, I., p. 56.

Digitized by Google

gleichen Experimentalobjekten arbeitete wie ich, zu der Anschauung von dem Ausgelöschtwerden des Geotropismus infolge günstiger Beleuchtung gelangte, die drei genannten Forscher ihre einschlägigen Resultate aber auf Grund von Laboratoriumsversuchen erhalten haben, glaube ich mich berechtigt, gerade bei diesen Ergebnissen an die Nichtberücksichtigung der Wirkung gasförmiger Verunreinigungen der Luft zu erinnern.

Läßt man Erbsenkeimlinge im Warmhaus des Gewächshauses bis zu einer Höhe von $1^1/_2$ *cm* austreiben und überträgt sie, nachdem man sie horizontal gelegt hatte, unter den gewohnten Vorsichten in die Dunkelkammer, gestattet der Laboratoriumsluft durch Heben der Glocke zu der einen Keimlingspartie den Zutritt, während die andere in der reinen Luft bleibt und stellt den Versuch in Molisch's Thermostaten ein, wobei durch Spiegelwirkung für eine schwache Beleuchtung von unten gesorgt wird, so wachsen die Keimlinge in der reinen Luft als existierte für sie die Beleuchtung nicht, die anderen aber, in der unreinen Luft, wachsen stark positiv heliotropisch nach abwärts (Fig. 7*a* und *b*).

Dieses Versuchsergebnis tritt nur ein, wenn man gewisse Vorsichten gebraucht. Zunächst hatte ich einen gewöhnlichen Spiegel in den Thermostaten eingesetzt, der unter geeignetem Winkel in Anwendung gebracht, eine gerade Beleuchtung der horizontal gelegten Keimlinge von unten her ermöglichte, mußte aber bald von dessen Benützung Abstand nehmen, da nämlich binnen 24 Stunden etwa die Keimlinge in der verunreinigten Luft abgestorben waren. Bei der im Thermostaten herrschenden Temperatur verdampfte offenbar soviel Hg, daß die Keimlinge an Hg-Vergiftung starben. Es ist dies wieder ein Seitenstück zu früheren Versuchen[1] von mir, wo ich Bohnenkeimlinge im Dunkeln unter Glocken mit Hg-Abschluß hielt und unter diesen Umständen gleichfalls starke Hemmung des Längenwachstums und zweifellose Vergiftungserscheinungen, die einen tötlichen Ausgang hatten, beobachten konnte.

[1] Oswald Richter, l. c., p. 192.

Digitized by Google

Es mag hier nachgetragen werden, daß bereits vor mir Dafert[1] Ähnliches an grünen Gewächsen beobachtet hatte. Seine Versuchspflanzen, Keimlinge von *Triticum vulgare*, *Hordeum vulgare*, *Secale cereale*, *Avena sativa*, *Trifolium pratense*, *Picea vulgaris*, *Aster chinensis*, *Sinapis alba* und *Verbena officinalis* zeigten die größte Empfindlichkeit in den chlorophyllhaltigen Pflanzenteilen.

Als passenden Ersatz für einen amalgamierten Spiegel verwende man auch wegen der gedämpften Lichtwirkung eine gewöhnliche Glasscheibe, die man unterseits mit mattem schwarzem Papiere an den vier Ecken der rechtwinkeligen Scheibe unterklebt. Als Lichtquellen werden zweckmäßig zwei Brenner benützt, deren Spiegelbild genau unter die Keimlinge fällt. Der Thermostat ist natürlich mit Ausnahme jener Stelle, an der die Lichtstrahlen den Spiegel treffen, zu verdunkeln, wodurch die geeignete Spiegelwirkung erzielt wird. Die wirksame Lichtintensität betrug in den beschriebenen Versuchen 0·000.00041 N. K.

Schon nach zwei Tagen ist das Versuchsergebnis zweifellos. Auch bei diesen Experimenten erscheint es zweckmäßig, erst bei Versuchsschluß den Versuch anzusehen, weil eine Seitenbeleuchtung störende Induktionswirkungen zeitigen kann. Bei dem photographierten Versuche (Fig. 7 *a* und *b*) verhielten sich die Durchschnitts-Längenzuwächse der Pflanzen in reiner, zu denen in unreiner Luft wie 15·14 : 2·2 *cm*, die entsprechenden Dicken wie 2·5 : 4·4 *mm* (Prot. Nr. 8).

Da nun auch aus dem zuerst beschriebenen Versuche klar die Notwendigkeit hervorgeht, den oft entscheidend eingreifenden Faktor der gasförmigen Verunreinigungen der Luft nicht übersehen zu dürfen (vergl. Prot. Nr. 9), habe ich, umso mehr als der Kontrollversuch (Fig. 8 *a*) mit zunächst in verunreinigter Luft vor einer Lichtquelle horizontal gezogenen, dann aber in reiner[2] Luft von unten beleuchteten Keimlingen

[1] F. W. Dafert, Über die Quecksilbervergiftung grüner Gewächse. (Zeitschrift für das landwirtschaftliche Versuchswesen in Österreich, 1901, p. 1.) Ref. Bot. Zentralbl., 1901, LXXXVII., p. 29.

[2] Um vollkommen vergleichbare Resultate zu erhalten, wurden beide Glocken mit den horizontal gewachsenen Keimlingen unter Dunkelstürzen ins

Digitized by Google

den entsprechenden Gegensatz bildet, so daß ein zickzackförmiges Äußere entsteht, die auffallenden Keimlingsgestalten auch dieses Experimentes im Bilde festzuhalten versucht (Fig. 8*a* und *b*).

Über physiologische Nachwirkung der gasförmigen Verunreinigungen beim Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus.

Die eben beschriebenen Experimente erscheinen auch geeignet, aus ihnen einige Rückschlüsse auf die physiologische Nachwirkung der Laboratoriumsluft zu ziehen. Zwischen den Versuchen unter den beiden Glasglocken mit reiner Luft in den beiden aufeinander folgenden Experimenten besteht nur ein wesentlicher Unterschied, der nämlich, daß die Versuchspflanzen im zweiten Experimente zuerst durch längere Zeit in der Dunkelkammer im Thermostaten vor einer Lichtquelle horizontal gewachsen waren. Sie waren also durch längere Zeit den gasförmigen Verunreinigungen ausgesetzt worden, wobei ihnen gleichzeitig ein weiteres Wachstum in der Horizontalen gegen die Lichtquelle induziert wurde. Darauf wurden sie zum »Luftschöpfen« ins Glashaus übertragen und in reiner Luft neuerlich einer schwachen Beleuchtung von unten, wie die Pflanzen des ersten Versuches, ausgesetzt (Prot. Nr. 9).

Die Versuchsbedingungen für die horizontalen Stengelstücke unterschieden sich demnach jetzt theoretisch in gar nichts von denen bei den horizontal gelegten frischen Glashauspflanzen des ersten Versuches als durch den vorgängigen Aufenthalt der Versuchspflanzen in der unreinen Luft. Es war mit ihnen das gleiche Luftquantum abgesperrt, es traf sie dieselbe Lichtintensität und doch wuchsen alle nicht unter 90° aufwärts, sondern vielfach unter einem weniger steilen Winkel, so daß man zur Annahme berechtigt ist, daß die chemischen Veränderungen im Innern der Gewächse noch die Disposition gaben, trotz der geringen Lichtintensität auf das

---

Glashaus gebracht, dort gelüftet und, nachdem die Pflanzen so »frische Luft geschöpft hatten«, wieder unter Dunkelstürzen in die Dunkelkammer übertragen und daselbst zum Versuche mit der Beleuchtung von unten hergerichtet.

Digitized by Google

Licht zu reagieren oder aber, daß ihnen die Tendenz induziert worden war, dem zur Horizontalen gegebenen ursprünglichen Impulse zu folgen. Indem also die Pflanze dieses Bestreben hat, andrerseits aber dem immer stärker werdenden negativen Geotropismus Folge leisten muß, entstehen jene Zickzackgestalten, auf die bereits aufmerksam gemacht worden ist (Fig. 8*a*).

Nach diesen Überlegungen dürfte man daher nicht fehl gehen, wenn man im vorliegenden Falle von einer den Heliotropismus fördernden, dem Geotropismus entgegen wirkenden physiologischen Nachwirkung der Laboratoriumsluft spricht.[1]

C. Versuche über den Geotropismus.

Die Frage nach dem geotropischen Verhalten der Keimlinge in reiner und unreiner Luft war in den bisherigen Versuchen stets so innig mit dem heliotropischen verquickt, daß sie nicht getrennt behandelt werden konnte, weshalb sie überall gleich bei den betreffenden Versuchen mit erledigt wurde.

Hier soll nunmehr kurz jener Experimente gedacht sein, die, unter Ausschluß von Licht ausgeführt, lediglich nur auf die Darstellung der Beziehungen zwischen Geotropismus und den Verunreinigungen der Luft abzielten.

Neljubow[2] hat zuerst die von Wiesner,[3] Wyplel[4] und Rimmer[5] beobachtete horizontale Nutation der Wicken-, Erbsen- und Linsenkeimlinge auf die in der Laboratoriums-

[1] Es wäre gewiß eine interessante Arbeit, nachzusehen, inwieweit die Laboratoriumsluft auch den Heliotropismus und Geotropismus von Blättern beeinflußt (vergl. W. Rothert, Über Heliotropismus, Cohn's Beitr. z. Biologie der Pflanzen, 1896, VII. Bd., p. 25 und W. Figdor, Über Heliotropismus und Geotropismus der Gramineenblätter. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., 1905, XXIII., p. 182.

[2] D. Neljubow, l. c., p. 10 bis 11.

[3] J. Wiesner, Die undulierende Nutation der Internodien. Diese Sitzungsber., Bd. LXXVII, Abt. I, Jänner 1878.

[4] M. Wyplel, Beiträge zur näheren Kenntnis der Nutation. Österr. bot. Zeitschr., 1879, Nr. 1 und 2.

[5] Fr. Rimmer, l. c.

Digitized by Google

luft vorhandenen Spuren gasförmiger Verunreinigungen zurückgeführt.

»In den beschriebenen Erscheinungen lernen wir jetzt eine neue Wirkung der Gase — Acetylen, Äthylen und Leuchtgas — kennen; sie bewirken eine horizontale Lage der Triebe«.[1]

Anschließende Experimente hat Neljubow mit Pflanzen am Klinostaten in reiner und verunreinigter Luft gemacht und bereits der XI. Versammlung der russischen Naturforscher und Ärzte in Petersburg 1901 vorgelegt.

Versuche über den Geotropismus unter Berücksichtigung verschiedener Spezies der Versuchsobjekte hat er aber meines Wissens bisher noch nicht durchgeführt.

Da sich mit Bezugnahme auf meine Ausführungen über den Heliotropismus die ganze Versuchsanstellung fast von selbst versteht, kann ich mich diesbezüglich hier kurz fassen.

Schon eingangs erwähnte ich, daß die Versuche in Glasglocken mit Wasserabschluß mit und ohne Kalilauge gleich ausfielen, während auf der anderen Seite die mit gehobenen Glocken mit und ohne Filtrierpapier ein zusammengehöriges Versuchspaar darstellten. In der Folge habe ich stets die gehobenen Glocken innen ganz mit nassem Filtrierpapiere ausgekleidet, das durch einen Filtrierpapierstreifen mit einer unter den Keimlingen stehenden gefüllten Wasserschale in Verbindung stand und so dauernd naß gehalten wurde.

Diese Versuche bewiesen, daß weder der Transpirationsausschluß noch die Kohlendioxydanreicherung für den Versuchseffekt das Ausschlaggebende war.

Dennoch wurden die eigentlichen Experimente über den Einfluß der gasförmigen Verunreinigungen der Luft auf den Geotropismus folgendermaßen ausgestattet.

Glocke I stand in einer Keimschale mit Wasserabschluß, darunter waren zwei Glasschälchen, ein breiteres *a* und ein kleineres *b*.

In *a* wurde der Blumentopf so eingeklemmt, daß die Keimlinge horizontal zu liegen kamen.

Auf *b*, das mit der Mündung nach abwärts stand, kam ein aufrechtstehender Blumentopf mit der gleichen Anzahl von Keimlingen.

Digitized by Google

Diese wurden bei kleinen Samen in zwei Reihen von je 7 Keimlingen gesteckt. Bei den Untersuchungen mit *Fu* und *Sa* bestand eine Reihe aus *Fu*, die zweite aus *Sa*, wobei darauf Bedacht genommen wurde, daß die *Fu* beim Umlegen des einen Topfes die untere Reihe bildeten. Größere Samen, wie die der *Vicia Narbonensis* oder der *Vicia Faba* (größere und kleinere Varietät) mußten natürlich über den ganzen Topf verteilt gesetzt werden.

Glocke II. Auf einer Glasschale, die mit Wasser gefüllt war, standen zwei Gläschen *a* und *b*, über deren Verwendung oben erzählt wurde. In die Glasschale reichte ein nasser Filtrierpapierstreifen, der mit dem nassen Filtrierpapierbelag der Innenseite der Glasglocke in Verbindung stand und diesen naß hielt. Der Rand der Glasglocke griff über den der Glasschale, so daß zwischen beiden das Zuströmen der verunreinigten Luft möglich wurde.

Alle Versuche standen im dunklen Keimkasten. Das übrige ersieht man aus den Protokollen Nr. 10 und 11.

Was zunächst die beiden Wickenspezies, *Vicia sativa* und *villosa* anbelangt, so macht sich ein voller Parallelismus zum Verhalten derselben gegen das Licht geltend.

Vicia villosa ist eben die geotropisch mehr, heliotropisch und in puncto Verunreinigungen der Luft weniger empfindliche Wicke, was sich auch im ganzen Habitus kund gibt. Während die *Fu*-Keimlinge in der unreinen Luft fast alle so ziemlich horizontal nutieren und nur vereinzelte sich aufrichten und so in die für die Pflanzen in der reinen Luft normale Ruhelage kommen (vergl. Photographie Fig. 11 *b)*, wachsen die meisten *Sa* in die Höhe.

Ganz anders ist das Bild in der reinen Luft (Fig. 11 *a)*. Hier kostet es dem Beobachter Mühe, *Sa* und *Fu* von einander zu unterscheiden, und wenn nicht früher schon gesagt worden wäre, daß die *Fu* die untere Reihe bilden, hätte man Not, das zu erkennen. Die Photographie spricht besser als alle Worte, so daß es unnötig erscheint, nun auch noch für die aufrechten Töpfe die Unterschiede abzuleiten (Fig. 11 *c* und *d)*.

Vergleicht man noch das Protokoll Nr. 10, so ergibt sich auch ein Unterschied der Winkel von der Horizontalen aus berechnet als Ausdruck der Krümmung bei *Fu* und *Sa*. Dieser Winkel ist größer bei der *Sa* als bei der *Fu*; mit anderen Worten, er ist ein beiläufiges Maß der Empfindlichkeit von *Sa* und *Fu* in Bezug auf die Verunreinigungen der Luft.

In der reinen Luft ist der Winkel bei beiden Wicken 90°.

Digitized by Google

In ganz ähnlicher Weise sind die Versuche mit *Vicia Faba* (große und kleine Varietät), *Vicia Narbonensis* und *Pisum sativum* (Sommer- und Winterform) ausgefallen. Von der Wiedergabe noch weiterer Protokolle darf wohl abgesehen werden.

Weil nun *Vicia Faba* (große Varietät) in ganz besonders schöner Weise die Verschiedenheit in der Aufwärtskrümmung nach dem Horizontallegen in reiner und unreiner Luft zeigt, wurde sie am Versuchsschluß aufgenommen. Das Messungsergebnis unmittelbar nach dem Photographieren vergleiche man im Protokoll Nr. 11, in dem selbstverständlich auch die Werte für die zum Versuche gehörigen aufrechtstehenden Keimlinge mit aufgenommen sind.

Daraus kann man ersehen, daß die Winkel der negativ geotropischen Krümmung in reiner und unreiner Luft sich verhalten wie 96°:61·6°, der erste den zweiten also um 34·4° übertrifft.

Ganz ähnliche Zahlen haben auch die Messungen bei *Vicia Faba* (kleine Varietät) und *Vicia Narbonensis* ergeben, ja bei *Pisum sativum* erhielt man noch größere Unterschiede der beiden charakteristischen Winkel.

Kurz:

Alle Experimente zeigen übereinstimmend den maßgebenden Einfluß der gasförmigen Verunreinigungen der Luft auf die geotropischen Bewegungen der Stengel bei den untersuchten Pflanzen und zeigen gleichzeitig, wie ungemein verschieden das Plasma verschiedener Pflanzen auf den gleichen Faktor reagiert.

Da dieser Faktor durchgehends als Hemmung erscheint und diese sich in der verschiedenen Fähigkeit der Pflanzen, in die vertikale Ruhelage hereinzukommen, ausprägt, so daß man bei bestimmten Pflanzen auch bestimmte Neigungswinkel erhält, kann man sagen, daß der Winkel, den ein Keimstengel in der verunreinigten, gegenüber einem in der reinen Luft zur Horizontalen bildet, ein beiläufiges Maß darstellt für die gasförmigen Verunreinigungen der Luft.

Digitized by Google

D. Experimente über den Einfluß gasförmiger Verunreinigungen der Luft auf eine größere Anzahl verschiedener Wickenspezies und auf andere Pflanzen.

1. Experimente mit verschiedenen Wicken.

Bereits in den vorhergehenden Kapiteln hatte ich Gelegenheit, auf die große Verschiedenheit hinzuweisen, die man bei den Wicken verschiedener Art in Bezug auf ihre Empfindlichkeit gegen Licht- und Schwerkraftreize sowie gegen die gasförmigen Verunreinigungen der Luft beobachten kann.

Da mir nun nach meinen bisherigen Erfahrungen die Betonung dessen nicht wertlos erschien, daß nicht jede Wicke für die Demonstration des Einflusses der Laboratoriumsluft gleich gut geeignet sei, daß somit nicht jede sich gleich gut zu den einschlägigen Experimenten eigne, daß man bei Mißerfolgen die Schuld infolgedessen nicht einer mangelhaften Beobachtung meinerseits, sondern den spezifischen Eigenschaften und der verschiedenen Eignung des Versuchsmaterials für die Untersuchungszwecke zuzuschreiben habe, unternahm ich es, eine Anzahl verschiedener Wickenspezies auf ihre verschiedene Empfindlichkeit für die gasförmigen Verunreinigungen der Luft zu überprüfen.

Die Versuchsanstellung war die denkbar einfachste:

Von zwei zu einem Versuche gehörigen Glasglocken wurde immer die eine (*a*) mit Wasserabschluß versehen, d. h. Glocke mit reiner Luft; die andere (*b*) gestattete der Laboratoriumsluft den Zutritt. Über die weitere Versuchsanstellung und die zu beachtenden Vorsichten vergl. das früher Gesagte. Unter jede Glocke kamen zwei Blumentöpfe, von denen jeder mit 20 bis 30 Keimlingen je einer der zu untersuchenden Wickenarten besät war, ausgenommen natürlich *Vicia Faba*, wo höchstens 7 Keimlinge in einem Topfe gezogen wurden.

Die Versuchspflanzen wurden in einer Reihe von Versuchen im eben ausgekeimten Zustande (Würzelchen etwa 0·8 *mm*, Stengel noch nicht aus der Samenschale hervorgekommen), in einer anderen Reihe von Versuchen 1 *cm* hoch aus dem Glashause gebracht und zum Experimente verwendet. Alle Versuche wurden unter Dunkelstürzen oder unter schwarzem Papier im dunklen, von einer Gasflamme geheizten Keimkasten ausgeführt.

Digitized by Google

Das Ergebnis war übereinstimmend folgendes:

Mit einer Ausnahme erwiesen sich alle verwendeten Wickensorten als dem Einflusse der gasförmigen Verunreinigungen der Luft unterworfen, die eine mehr, die andere weniger. Die beobachteten Krankheits- oder Betäubungserscheinungen hatten entweder den extremen Typus der *Vicia sativa* L. oder mehr minder den von *Vicia villosa* Roth. Die Pflanzen in der unreinen Luft waren also mit einer Ausnahme durchwegs kürzer, dafür aber dicker als die Gewächse in der reinen Luft.

Ein großer Kontrollversuch mit zwei Keimschalen mit Ring, von denen die Mittelpartien mit Sand bedeckt und durch Gerade in radiär geordnete Felder geteilt waren, in die die Keimlinge aller Wickensorten felderweise gesetzt waren und von denen die eine die Kultur der Wicken in reiner, die andere in unreiner Luft gestattete, fiel vollkommen erwartungsgemäß aus.

Es kann also der obige Satz als vielfach gestützt betrachtet werden. Um rasch eine Vorstellung von der Empfindlichkeit der verschiedenen Arten zu geben, habe ich den Ertrag aus einer Reihe von Versuchen in einer Tabelle zusammengefaßt, in der ich drei Empfindlichkeitsklassen zum Ausdruck zu bringen versuchte: sehr empfindlich (Klasse 3), empfindlich (Klasse 2) und minder empfindlich (Klasse 1), die ich als Überschriften der betreffenden Rubriken annahm und nun durch Eintragen eines Striches (|) die Zugehörigkeit zur einen oder anderen angab. Selbstverständlich habe ich auch die *Vicia sativa* L. und *Vicia villosa* Roth. mit in die Übersichtstabelle aufgenommen.

Von einer Wiedergabe noch weiterer Protokolle meinte ich, Abstand nehmen zu dürfen, da ich mit zwei Ausnahmen sämtliche Zahlen Versuchen entnahm, die bloß drei, höchstens vier Tage alt waren, und da ich bei allen auf die Erhaltung einer konstanten Temperatur von nur 20° C. gesehen habe, mit den Angaben der fortschreitenden täglichen Entwicklung aber kaum etwas Neues sagen könnte.

Digitized by Google

Die erwähnten zwei Ausnahmen sind die beiden *Vicia Faba*, mit ihrer durch ihre Größe bedingten langsameren Entwicklung, die erst nach sechstägigem Versuche zur Messung verwendet werden konnten. Da aber in der Tabelle immer der Quotient der Längen und Dicken in reiner und unreiner Luft in Betracht gezogen wird, dürfte eine derartige Abweichung nicht zu sehr ins Gewicht fallen, um so weniger, als bei den beiden größeren Wickenspezies auch erst später das Streckungsmaximum in reiner Luft erreicht wird als bei den kleinen Wicken.

Bei der Anfertigung der Tabelle waren für mich maßgebend die Verhältnisse der Längen beziehungsweise Dicken in reiner und verunreinigter Luft; sie sind in der Tabelle durch die Brüche L_1/L_2 und D_1/D_2 wiedergegeben, wobei L_1 die Länge in der reinen, L_2 die in der verunreinigten Luft darstellt. Was D_1 und D_2 bedeuten, versteht sich danach von selbst.

Die beiden nächsten Kolonnen enthalten jeweilig die wirklich ermittelten Quotienten. Q_L bedeutet also: Quotient der Längen in reiner und unreiner Luft. Q_D ist der Ausdruck für den Quotienten der betreffenden Dicken.

Dividiert man die so erhaltenen Werte $\frac{Q_L}{Q_D}$ oder kürzer $\frac{L}{D}$, so treten jene Zahlen auf, die in der nächsten Kolonne stehen. Es ist klar, daß dieser Quotient um so größer wird, je größer L und je kleiner D, desto kleiner aber, je kleiner L und je größer D wird. Er ist somit eine Art mathematischer Ausdruck für die Empfindlichkeit der Wicken.

Die Zahl 1 erreicht er dann, wenn L und D 1 sind, oder wenn $L_1 = L_2$ und $D_1 = D_2$ waren, die in reiner und unreiner Luft gezogenen Pflanzen also keine Unterschiede zeigen, mit anderen Worten, die Pflanzen gegen die gasförmigen Verunreinigungen der Luft unempfindlich sind.

Ein derartiges Beispiel ist *Vicia pseudocracca*. Daß sich in der Tabelle noch ein geringerer Wert als 1 als Quotient ergab, ist auf das Längenverhältnis $^{1\cdot88}/_{2\cdot18}$ zurückzuführen, das zu Gunsten der Pflanzen in verunreinigter Luft spricht. In den Versuchsprotokollen ist in Übereinstimmung hiemit ein relativ

Digitized by Google

spätes Aufkommen der Pflanzen in den Glocken mit Wasserabschluß verzeichnet. Es mögen also Nebenumstände hier noch schädigend mitgespielt haben. Ganz entschieden aber war kein wesentlicher Unterschied zwischen den Pflanzen von *V. pseudocracca* in reiner und verunreinigter Luft zu bemerken.

Wird der Wert für L größer als 1, so erscheint die Wicke durch die gasförmigen Verunreinigungen beeinflußt. Um nun eine Art Skala der Empfindlichkeit zu schaffen, wurden die oben angedeuteten Klassen aufgestellt und in die erste alle jene Wicken eingereiht, bei denen der erhaltene Quotient >1 oder 2, 3 oder 4 war. In die zweite Klasse wurden diejenigen Wicken aufgenommen, bei denen L/D gleich war 5, 6, 7 oder 8. In die dritte Klasse endlich die gezählt, bei denen sich L/D größer als 8 stellte.

Dabei wurden zur leichteren Orientierung die Näherungswerte angegeben. Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei noch betont, daß die Werte von Zähler und Nenner in Rubrik L_1/L_2 in Zentimeter, die in Rubrik D_1/D_2 in Millimeter ausgedrückt sind. Da schließlich aber nur die Quotienten gesucht wurden, konnte von diesen Bezeichnungen abgesehen werden.

Nach diesen Erläuterungen dürften die Angaben der Tabelle 1 verständlich sein.

Aus der Tabelle ergibt sich zunächst, daß es sehr empfindliche *(Vicia calcarata, sativa, tricolor, globosa)*, empfindliche *(Vicia Gerardi, atropurpurea, fulgens, cracca, onobrychioides)* und minder empfindliche Wicken *(Vicia villosa, Narbonnensis, Faba*, kleine Varietät, *Faba*, große Varietät) gibt, endlich daß man eine Wickenart als für Laboratoriumslufteinflüsse unempfindlich bezeichnen kann, die *Vicia pseudocracca)*.

Man sieht also unter Zugrundelegung des gewählten Einteilungsprinzipes die untersuchten Wicken eine physiologische Reihe bilden, die mit der *Vicia calcarata* beginnt und mit der *Vicia pseudocracca* schließt.

Digitized by Google

Tabelle 1.

Wickenart	L_1/L_2	D_1/D_2	Q_L	Q_D	L/D	Näherungswert	Klasse 1	2	3
Vicia atropurpurea L.	8·1/2·4	1/2	3·3	0·5	6·6	7		|	
» *calcarata*	9·5/1·4	1/2	6·5	0·5	13	13			|
» *cracca* L.....	6·9/2	1/1·5	3·45	0·6	5·7	6		|	
» *Faba* L. große Varietät.....	12·3/8·5	3·5/5	1·4	0·7	2	2	|		
» *Faba* L. kleine Varietät.....	13·3/7·4	3/4	1·8	0·75	2·6	3	|		
» *fulgens*	5·3/1·6	1/2	3·3	0·5	6·6	7		|	
» *Gerardi* Willd.	8·8/2·3	1/2·1	3·8	0·47	8	8		|	
» *globosa*	3·9/1·18	1/2·5	3·4	0·4	8·5	9			|
» *Narbonnensis* L.	5·8/3	2/3	1·9	0·6	3·1	3	|		
» *onobrychiodes*.	9·6/2·49	1·5/2	3·8	0·75	5	5		|	
» *pseudocracca*..	1·83/2·18	1·5/1·5	0·84	1	0·8	<1			
» *sativa* L.	9/1·67	1/2	5·4	0·5	10·8	11			|
» *tricolor*	10·8/2	1/2	5·4	0·5	10·8	11			|
» *villosa* Roth. .	6·9/3·3	0·8/1·5	2	0·53	3·7	4	|		

2. Über die verschiedene Empfindlichkeit verschiedener Organe derselben Wickenspezies.

Für derartige Beobachtungen eignen sich natürlich bloß entsprechend große Wickenarten: also vornehmlich *Vicia Faba* in ihrer großen und kleinen Varietät.

Indem ich zunächst auf Tabelle 1 verweise, aus der sich für die große Varietät von *Vicia Faba* $L/D = 2$ (Näherungswert 2), für die kleine Varietät $L/D = 2{\cdot}5$ (Näherungswert 3) ergeben hatte, sei es mir gestattet, in einer kleinen Tabelle die Werte für die mittleren Stengellängen derselben Pflanzen bis

Digitized by Google

zu den Insertionsstellen der obersten Blattpaare, die Stengeldicken und die Blattlängen (Blattstiel + Blattlamina) und Blattdicken in Beziehung zu bringen. Man erhält:

Tabelle 2.

Vicia Faba	Organe	L_1/L_2	D_1/D_2	Q_L	Q_D	L/D	Näherungswert	Klasse 1	2	3
Große Varietät	Stengel	7·4 / 6·74	3·5/5	1·1	0·7	1·5	2	|		
	Blätter	4·9 / 1·76	/*	2·6	1	2·6	3	|		
Kleine Varietät	Stengel	9·92/6·2	3/4	1·6	0·75	2·1	2	|		
	Blätter	3·98/1·2	/*	3·3	1	3·3	>3	|		

* Genauere Angaben können wegen der ziemlich gleichen Dicke der Blätter in reiner und unreiner Luft entfallen, da nur der Quotient 1 in Betracht kommt.

Vergleicht man die in der Tabelle 2 angegebenen Werte für L/D, so bemerkt man, daß sie bei beiden Varietäten zu Gunsten der Blätter ausfallen, bei der großen Varietät beträgt die Differenz der Quotienten 1·1, bei der kleinen 1·2.

Hätte man sich somit bei der Zahlenermittlung bei beiden Varietäten bloß an die Stengelwerte gehalten, so wären die Werte zu gering, im anderen Falle zu hoch ausgefallen. Gleichzeitig ist damit aber der Beweis erbracht, daß die Blattlamina unter Umständen sehr stark von den gasförmigen Verunreinigungen beeinflußt wird, was ich als weitere Stütze meiner[1] Ansicht gegen Jaccard's[2] Meinung vorbringen möchte. Benzol, Benzin, Terpentin und andere Gifte wirken in dieser Beziehung noch viel stärker. Danach erscheint es notwendig, bei Ermittlung der Tabellenwerte wenigstens bei größeren Pflanzen auch

[1] Oswald Richter, l. c., p. 188.

[2] P. Jaccard, l. c.; Bot. Zentralbl., 1905, l. c., p. 501.

Digitized by Google

auf die gemessenen Organe Rücksicht zu nehmen und Mittelwerte unter Bezugnahme auf beide Organe (Stengel und Blatt) zu verwenden.

3. Über die langsame Gewöhnung von Wickenkeimlingen an die Laboratoriumsluft und deren physiologische Nachwirkung.

Wurde eben gezeigt, daß es bei der Beurteilung des Empfindlichkeitsgrades einer Wicke nicht gleichgültig ist, an welchem Organe, Stengel oder Blatt, die maßgebenden Messungen angestellt wurden, auf Grund derer nachher die Einreihung in eine Empfindlichkeitsklasse erfolgte, so gilt dies noch weit mehr bezüglich der Vorbehandlung, die die Wicken vor Versuchsbeginn erfuhren.

Läßt man nämlich Wicken im Glashause auskeimen (Glashauswicken *GW*) und verwendet sie zu dem bekannten Laboratoriumsversuche mit der mit Wasser abgeschlossenen und der offenen mit Filtrierpapier umhäuften Glocke und macht gleichzeitig einen genau gleich ausgestatteten Kontrollversuch mit Wicken, die im Laboratorium ausgekeimt waren (Laboratoriumswicken *LW*), so fallen die erhaltenen Werte grundverschieden aus.

Als Beispiel der folgende Versuch:

Am 17. März 1905 wurden *GW* und *LW* von *Sa* und *Fu* teils aufrecht (⊥), teils umgelegt (⊣), sämtlich im Dunkeln in einem der Laboratoriumsthermostaten der Laboratoriumsluftwirkung ausgesetzt und ein genau gleich ausgestatteter Kontrollversuch im selben Thermostaten untergebracht. Die im Thermostaten ausgekeimten Pflanzen hatten beim Versuchsbeginne folgende Längen: *Sa* durchschnittlich 1·2 *cm*, *Fu* 0·5 *cm*. Die im Glashaus ausgekeimten *Sa* und *Fu* waren wegen der dort herrschenden tieferen Temperatur durchwegs 0·5 *cm* lang.

Am 20. März wurde der Versuch beendet; die Wicken wurden abgeschnitten und gemessen.

Die erhaltenen Mittelwerte für Längen und Dicken in reiner und verunreinigter Luft liegen nun der folgenden Tabelle zu Grunde, die nach der zur Tabelle 1 gegebenen Erläuterung unschwer zu verstehen sein dürfte. Es sei nur nochmals betont, daß ich die Lage der Wicken durch die Zeichen ⊥ für aufrecht und ⊣ für umgelegt ausgedrückt habe. Die Bezeichnungen *GW* und *LW* wurden oben erläutert.

Digitized by Google

Tabelle 3.

Vorbehandlung	Wickenart	Stellung	L_1/L_2	D_1/D_2	Q_L	Q_D	L/D	Näherungswert	Klasse 1	2	3
LW	*Sa*	⊣	14·2/8·7	1/1·5	1·6	0·66	2·4	2	|		
		⊥	14·8/7·3	1/1·5	2	0·66	3	3	|		
	Fu	⊣	10·6/5·9	1/2·5	1·8	0·4	4·5	5		|	
		⊥	12·2/3·6	1/2	3·4	0·5	6·8	7		|	
GW	*Fu*	⊥	9/1·67	1/2	5·4	0·5	10·8	11			|
		⊣	8·3/1·85	1/2	4·5	0·5	9	9			|
	Sa	⊥	6·9/3·3	0·8/1·5	2	0·54	3·7	4	|		
		⊣	8·5/3·4	0·8/1·5	2·5	0·54	4·6	5		|	

Die Schwierigkeit der Beurteilung dieser Tabelle und des durch sie dargestellten Versuchsergebnisses liegt darin, daß man, wie leicht einzusehen, die Versuchsbedingungen bei einem derartigen Experimente nie völlig gleich gestalten kann. Denn entweder hält man sich an die gleiche Zeit fürs Auskeimen bei *LW* und *GW*, dann sind bei gleicher Temperatur die Glashauswicken zur Zeit, wo die Laboratoriumswicken eben zum Versuche geeignet sind, schon so hoch, daß sie zum Versuche nicht mehr verwendet werden können, oder man hält sich an die Stengellänge, wie ich mich das zu tun bemüht habe. — Bei *Fu* ist es mir ganz geglückt. Die *L Sa W* waren bei Versuchsbeginn um 0·7 *cm* voraus. — Dann muß man bei gleicher Temperatur im Gewächshause und im Laboratoriumsthermostaten die Keimlinge im Gewächshause später auskeimen lassen oder bei nahezu gleichem Keimungsbeginn für eine niedere Temperatur im Gewächshause sorgen. Es werden daher in der Regel die *LW* die älteren sein, die zum Versuche benutzt werden.

Streng vergleichbar sind also immer nur paarweise die Pflanzen, die bei gleicher Vorbehandlung im Versuche in reiner, beziehungsweise unreiner Luft standen.

Digitized by Google

Indem sich nun in diesen Fällen stets eine gewisse Konstanz der Differenz, beziehungsweise des Quotienten von Länge und Dicke in reiner und unreiner Luft ergibt, können die bei den nach einer Art vorbehandelten Wicken erhaltenen Zahlen mit jenen bei den nach der anderen Art vorbehandelten Wicken erhaltenen in Beziehung gebracht und so im weiteren Sinne vergleichbar gemacht werden. Um diesen Vergleich möglichst zu erleichtern, habe ich das in dieser Weise Vergleichbare in der Tabelle spiegelbildlich angeordnet.

Betrachten wir zunächst die *Fu* nach dieser Richtung, so lauten die Quotienten der Längen L_1/L_2 bei den *LW* 3·4 und 1·8, bei den *GW* 5·4 und 4·5 bei ⊥ beziehungsweise ⊣ Aufstellung. Danach übertreffen die Quotienten der *GW* die der *LW* um 2 beziehungsweise 2·7, also fast 3 und sind also $5 \cdot 4/3 \cdot 4 = 1 \cdot 6$ und $4 \cdot 5/1 \cdot 8 = 2 \cdot 5$, also rund zweimal so groß.

Das besagt, daß die Pflanzen im Wachstum fast doppelt so sehr gehemmt sind, wenn sie, in reiner Luft ausgekeimt, aus dieser in die verunreinigte übertragen werden, als wenn sie gleich in unreiner ausgekeimt sind. Um sich davon rasch eine Vorstellung zu machen, braucht man ja nur die Längen der verschiedenen vorbehandelten Pflanzen in verunreinigter Luft zu einander in ein Verhältnis zu bringen: $3 \cdot 6/1 \cdot 67 = 2 \cdot 1$; $5 \cdot 9/1 \cdot 85 = 3 \cdot 2$.

Es erreichen also *LW* im Laboratorium in gleicher Zeit unter sonst gleichen Bedingungen in der verunreinigten Luft des Laboratoriums größere Längenzuwächse als *GW*, die am Versuchsbeginne mit ihnen die gleiche Länge besaßen. Man kann somit von einer Gewöhnung der *LW* an die Laboratoriumsluft sprechen.

Eine Erklärung dieser Erscheinung dürfte in Prianischnikow's[1] Versuchen liegen, nach denen es zweifellos geworden ist, daß die chemischen Umsetzungen in Laboratoriumsluftpflanzen ganz andere sind als bei den Pflanzen in reiner Luft.

Wird also ein Keimling aus reiner in verunreinigte Luft übertragen, so wird er sozusagen von den veränderten Verhältnissen überrascht und findet keine Zeit für die doppelte

[1] D. Prianischnikow, l. c., 1904, p. 35.

Digitized by Google

Arbeit, die darin besteht, auf der einen Seite jene durch die Narkose bedingten chemischen Umsetzungen vorzunehmen, auf der anderen jene chemischen Umsetzungen zu besorgen, die zur Vergrößerung des Pflanzenleibes führen. Das unter der zwingenden Last der Verhältnisse Notwendigere, das Erste wird zunächst besorgt und die zweite Arbeit aufgeschoben beziehungsweise auf ein Minimum reduziert. Dadurch verzögert sich natürlich das Wachstum ungemein.

Da Prianischnikow durch makrochemische Analysen besonders auf die Asparaginanhäufung in Keimlingen aufmerksam gemacht hat, man aber schon lange Wickenkeimlinge (natürlich Laboratoriumspflanzen) als Demonstrationsobjekte zum mikrochemischen Nachweise des Asparagins verwendet, wäre es gewiß nicht uninteressant, die Prianischnikow'schen Versuche mit diesen ausgezeichneten Versuchsobjekten mit mikrochemischen Methoden[1] zu wiederholen und damit gleichzeitig die Frage der Gewöhnung von Wicken an die verunreinigte Luft durch Auskeimen in ihr zu überprüfen. Andrerseits müßte es gelingen, sozusagen den Moment auch mikrochemisch festzustellen, wann beim Übertragen aus der reinen in die verunreinigte Luft der neue Stoffwechsel beginnt. Ebenso dürfte sich, wenn die geäußerte Anschauung richtig ist, ein allmähliches Abklingen der Reaktionsfähigkeit auf Asparagin einstellen, wenn man Pflanzen, die nach Aufenthalt in verunreinigter in reiner Luft gewachsen waren, untersucht. Daß tatsächlich eine Art langsamen Erwachens von der Narkose stattzuhaben scheint, das zeigen das allmähliche Schmälerwerden der Keimlinge, wie ich es früher[2] bei Bohnen im Bilde festgehalten habe, und die bei solchen Versuchen nach der Übertragung in reine Luft in der Regel beobachteten zunächst kleinen, später aber starken Zuwächse in den aufeinander folgenden Versuchstagen. Es mag eben eine gewisse Zeit dauern, bis die normale Wachstumsgeschwindigkeit erzielt wird. Somit hemmt die Laboratoriumsluft die normale Entwicklung noch eine Zeitlang, wenn die Keimlinge ihrer direkten Wirkung schon entzogen sind.

[1] A. Zimmermann, Die botanische Mikrotechnik. Tübingen 1892, p. 80.

[2] Oswald Richter, l. c., p. 185, Fig. 5.

Digitized by Google

Von diesem Gesichtspunkte aus kann man also auch von einer physiologischen Nachwirkung der verunreinigten Luft sprechen. Sie wird ebenfalls in dem Quotienten der Längen beziehungsweise Dicken der Pflanzen in reiner und verunreinigter Luft ihren Ausdruck finden.

Bildet man dann auch noch die Quotienten aus Q_L und Q_D, also L/D, so muß sich nach früher Gesagtem[1] natürlich der Unterschied, den verschiedene Vorbehandlung mit sich bringt, noch klarer ausdrücken lassen. Die so gewonnenen Näherungswerte verhalten sich nachher wie 7 und 5 zu 11 und 9 bei ⊥ und ⊣ Pflanzen.

Hält man sich nun an die früher[2] angenommene Bezeichnungsweise und Klasseneinteilung, so sieht man sich genötigt, die Futterwicke in zwei Empfindlichkeitsklassen unterzubringen, in die zweite und dritte, je nachdem sie in unreiner oder reiner Luft ausgekeimt war, der beste Beweis dafür, wie viel die Futterwicke bei dauerndem Aufenthalte in verunreinigter Luft an Empfindlichkeit für deren schädigende Wirkung einbüßt.

Daraus ergibt sich auch eine wichtige Folgerung für die Zusammenstellung von Tabellen über die Empfindlichkeit von Pflanzen, wie die auf p. 319 wiedergegebene. Will man völlig vergleichbare Werte erhalten, dann darf man in sie, wie dies dort geschehen ist, nur gleichartig vorbehandelte Wicken aufnehmen. Will man die denkbar deutlichsten Unterschiede erhalten, dann empfiehlt sich, wie dies eben da auch geschehen ist, die Pflanzen im Glashause auskeimen zu lassen und diese »Glashauspflanzen« zum Versuche zu verwenden. Versäumt man dies, so werden die Werte durch die infolge Auskeimung in Laboratoriumsluft erzeugte Gewöhnung an die schlechte Luft stark herabgedrückt und berücksichtigt man bei einer Anzahl Wicken das Moment der Vorgeschichte, bei anderen nicht, so werden die aus der Tabelle erschlossenen Resultate unwahr.

Es hat sich also zunächst für die Futterwicke zeigen lassen, daß sie umso empfindlicher gegen die

---

[1] p. 317.
[2] p. 316.

Digitized by Google

gasförmigen Verunreinigungen der Luft erscheint, je plötzlicher sie ihnen ausgesetzt wird.

Was in so auffälliger Weise bei der Futterwicke zutage tritt, zeigt sich, wie zu erwarten war, entsprechend abgeschwächt bei der Sandwicke. Ohne die analogen Betrachtungen zu wiederholen, sei nur auf die Näherungswerte verwiesen: sie verhalten sich wie 3 und 2 zu 4 und 5 bei den ⊥ und ⊣ Pflanzen. Wenn also die Sandwicke im allgemeinen nach Auskeimung in reiner Luft nicht über die erste Empfindlichkeitsklasse hinauskommt, so sind doch ganz deutliche Unterschiede zu sehen, eine Illustration mehr für das parallele, aber doch graduell verschiedene Verhalten von Futter- und Sandwicken.

Die in diesem Kapitel behandelte physiologische Nachwirkung der Laboratoriumsluft ist mit der im Abschnitte *B* besprochenen nicht zu verwechseln.

Denn hier hemmten die gasförmigen Verunreinigungen der Luft in Übereinstimmung mit ihrem sonstigen Verhalten bei dauernder Einwirkung nachwirkend das Wachstum, während sie dort wie bei dauernder Einwirkung die heliotropische Empfindlichkeit steigern.

Aber auch die allmähliche Gewöhnung der Keimlinge an die Vergiftungs- und Narkosewirkungen der gasförmigen Verunreinigungen der Luft, dieses allmähliche Abgestumpftwerden gegen neuerliche Schädigungen des Plasmas und die trotzdem beobachtete gesteigerte heliotropische Reizbarkeit sind Erscheinungen, deren Existenz nebeneinander verständlich wird, wenn man die allmähliche Abstumpfung des Alkoholikers gegen die stets neu aufgenommenen Dosen des verderblichen Giftes zum Vergleiche heranzieht, die in der Regel von einer unglaublichen Reizbarkeit für gewisse äußere Ursachen begleitet ist.

Digitized by Google

4. Über die Empfindlichkeit verschiedener Pflanzen für die gasförmigen Verunreinigungen der Luft.

Wiesner[1], Wyplel[2], Rimmer[3], Oltmanns[4] und viele andere haben abnorme Nutationen bei den Versuchspflanzen im Laboratorium beobachtet. Auch Correns[5] spricht von solchen Erfahrungen und nach Rothert[6] sollen besonders Tropaeolumkeimlinge abnorme Krümmungen aufweisen. Nach Neljubow[7] unterliegen Erbse, Wicke, Linse, nach Singer[8] die Kartoffel, nach meinen[9] Erfahrungen *Phaseolus multiflorus* Willd., *Helianthus annuus* L. und *Cucurbita Pepo* L., nach Wächter[10] *Callisia repens* der hemmenden Wirkung der gasförmigen Verunreinigungen der Luft.

Ich habe meine Untersuchungen nun noch auf andere Pflanzenfamilien und auf andere Arten der *Papilionaceen* ausgedehnt, die ich in der Folge unter Berücksichtigung früherer Versuchsprotokolle und unter Ausschluß der schon behandelten Wicken in eine Tabelle zusammengestellt habe. Die Bezeichnungen der Kolonnen sind nach früheren Bemerkungen ohne weiteres verständlich.

Die Tabelle 4 lehrt, daß die Pflanzenarten beziehungsweise -familien, von denen man bisher die Beeinflußbarkeit durch die gasförmigen Verunreinigungen der Luft kannte, noch um einige *(Lathyrus odoratus, Polygonum Sieboldi, Zea Mays)* vermehrt worden sind, daß, wie zu erwarten war, die verschiedenen Arten wieder verschieden empfindlich sind. So steht obenan die Erbse, dieser zunächst Kartoffel und Bohne, woran sich die übrigen Arten und Familien reihen.

---

1 J. Wiesner, l. c.
2 Wyplel, l. c.
3 Rimmer, l. c.
4 Fr. Oltmanns, l. c.
5 Correns, l. c., p. 139.
6 W. Rothert, Heliotropismus. L. c.
7 D. Neljubow, l. c.
8 M. Singer, l. c.
9 Oswald Richter, l. c.
10 W. Wächter, l. c.

Digitized by Google

Tabelle 4.

Familie	Art	L_1/L_2	D_1/D_2	Q_L	Q_D	L/D	Näherungswert	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Papilionaceae	*Phaseolus vulg.* Willd.	17 / 54	4·5 / 6·5	3·16	0·6	5	5		|	
»	*Pisum sativum* L.	15·14 / 2·2	2·5 / 4·4	6·9	0·57	12	12			|
»	*Lathyrus odoratus*	3·9 / 2·7	2 / 3	1·44	0·66	2·1	2	|		
Solanaceae	*Solanum tuberosum* L.	7·06 / 1·5	4 / 6·8	4·7	0·59	7·9	8		|	
Compositae	*Helianthus annuus* L.	18 / 11·8	4 / 1	1·5	1	1·5	2	|		
Cucurbitaceae	*Cucurbita Pepo* L.	17·3 / 10	4 / 5	1·76	0·8	2·2	2	|		
Polygonaceae	*Polygonum Sieboldi* Reinw.	5 / 4	1·5 / 2	1·25	0·75	1·6	2	|		
Gramineae	*Zea Mays* L.	38 / 32·8	3·5 / 3·5	1·16	1	1·16	>1	|		

Digitized by Google

Am wenigsten scheint Mais unter der Wirkung der Laboratoriumsluft zu leiden (man vergleiche die im Kapitel *B* wiedergegebene Erfahrung Czapek's über die gleiche heliotropische und geotropische Empfindlichkeit von Gräsern).

Obwohl nun natürlich mit der Feststellung dieser Tatsachen nur ein ganz geringer Beitrag zur Physiologie der Gewächse gegeben ist, so läßt sich immerhin daraus mit großer Wahrscheinlichkeit eine bedeutende Vermehrung dieser Fälle voraussagen und zweifellos ist damit ein Beleg mehr erbracht für die Notwendigkeit, den Faktor »die gasförmigen Verunreinigungen der Luft« bei allen Versuchen im Laboratorium mit zu berücksichtigen.

Da man beim Lesen der vorliegenden Arbeit, falls man noch nie Gelegenheit hatte, die außerordentliche Empfindlichkeit der besprochenen Versuchspflanzen kennen zu lernen, zur Auffassung gelangen könnte, als ob die Räume, in denen gearbeitet wurde, für physiologische Experimente die denkbar ungünstigsten und ungesündesten wären, möchte ich wie früher schon einmal zum Schlusse hervorheben, daß das k. k. pflanzenphysiologische Institut der deutschen Universität in Prag einen prächtigen, in freier Lage befindlichen Neubau vorstellt, der wegen der modern eingerichteten Räume in hygienischer Beziehung, namentlich aber was Licht und gute Luft anlangt, jedenfalls zu den besten pflanzenphysiologischen Instituten gehört.

III. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

Wie aus früheren Untersuchungen von Neljubow, Singer und mir hervorgeht, hat die Laboratoriumsluft einen auffallenden Einfluß auf Keimlinge im Vergleiche mit reiner Luft.

Molisch beobachtete bei seinen Versuchen über den Heliotropismus im Bakterienlichte und den Heliotropismus, indirekt hervorgerufen durch Radium, sehr starkes Hinwenden der Keimlinge zum Lichte nur bei Experimenten im

Digitized by Google

Laboratorium, während sonst gleich ausgeführte Versuche in der reinen Luft des Gewächshauses mißlangen.

In der vorliegenden Arbeit wurde nun festgestellt, daß Keimlinge der verschiedensten Pflanzen für Lichtreize tatsächlich viel empfindlicher sind, wenn sie in verunreinigter Luft wachsen, als wenn sie sich in reiner Luft befinden.

Sorgt man dafür, daß Keimlinge unter sonst gleichen Versuchsbedingungen in reiner und unreiner Luft der Einwirkung einer schwachen Lichtquelle ausgesetzt sind, so zeigen bei genügender Verminderung der Lichtintensität die Pflanzen in reiner Luft keine Spur von Heliotropismus, während die in der verunreinigten Luft noch außerordentlich deutlich heliotropisch reagieren.

Bei etwas höherer Lichtintensität tritt natürlich auch in der reinen Luft der Heliotropismus auf, doch erreicht der Ablenkungswinkel von der Vertikalen nie jene Größe wie bei den gleich alten Pflanzen in der verunreinigten Luft.

Der Winkel, den die heliotropisch gekrümmten Keimlinge derselben Pflanzenart in reiner im Vergleiche zu solchen in verunreinigter Luft mit ihrer früheren Ruhelage bilden, erscheint somit als ungefähres Maß für die Verunreinigung der umgebenden Luft.

Als die günstigsten Versuchsobjekte für die genannten Experimente erwiesen sich Wicken und Erbsen.

Die Empfindlichkeit gegen Licht und Laboratoriumsluft ist bei den verschiedenen Wickenspezies verschieden. Nach der Empfindlichkeit gegen diese ließen sich die untersuchten Wicken in eine physiologische Reihe bringen, die mit *Vicia calcarata* beginnt und mit *Vicia pseudocracca* abschließt. *Vicia pseudocracca* kann man als gegen Verunreinigungen der Luft unempfindlich bezeichnen.

Dabei reagieren die verschiedenen Organe wie Blatt und Stengel gegen diesen Faktor verschieden.

Auch konnte der Beweis für eine allmähliche Gewöhnung der Wicken an die narkotisierende Wirkung der Laboratoriumsluft erbracht und die Nachwirkung dieser im Sinne einer Hemmung des Längenwachstums nach Übertragung in reine Luft erwiesen werden. Die Laboratoriumsluft hemmt also in

Digitized by Google

Übereinstimmung mit ihrem sonstigen Verhalten bei dauernder Einwirkung auch nachwirkend das Längenwachstum und steigert die heliotropische Empfindlichkeit.

Unter den Wicken wurden auf ihre Empfindlichkeit gegen die zwei oben genannten Faktoren hin am eingehendsten die Futter- und Sandwicken *(Vicia sativa* L. und *Vicia villosa* Roth.) geprüft, bei denen eine solche Untersuchung umso mehr am Platze war, als die Samen beider Pflanzen oft verwechselt werden, wodurch recht unangenehme Nachteile für physiologische Experimente erwachsen können.

Es erscheint dabei die Sandwicke gegen Licht und Luft minder empfindlich. Das zeigten alle Experimente in übereinstimmender Weise: Die nach neuer Versuchsanstellung bewerkstelligte Wiederholung des photometrischen Versuches von Wiesner, des heliotropischen Versuches mit Leuchtbakterien von Molisch, des von Hofmann mit phosphoreszierenden Substanzen, Induktionsversuche u. s. f.

Alle Experimente erwiesen die Richtigkeit der von Molisch gemachten Beobachtung von der Beeinflussung des Heliotropismus und Geotropismus durch die gasförmigen Verunreinigungen der Luft und man kann danach den Winkel, den Keimlinge verschiedener Wickenspezies bei Flankenbeleuchtung in reiner und unreiner Luft mit der Vertikalen bilden, auffassen als beiläufiges Maß für ihre Empfindlichkeit gegen die gasförmigen Verunreinigungen der Luft.

Andrerseits erscheint in Anbetracht der Wechselbeziehung zwischen positivem Heliotropismus und negativem Geotropismus von Stengeln beim Vergleiche von Pflanzen verschiedener Spezies in reiner Luft vor einer Lichtquelle die Größe des Neigungswinkels zum Lichte als beiläufiges Maß für die geotropische Empfindlichkeit der Pflanzen. Bei Beleuchtung horizontal gelegter Keimlinge von unten erfolgt bei bestimmter Lichtintensität in unreiner Luft noch ein entschiedenes Abwärtswachsen gegen die Lichtquelle, während die Kontrollpflanzen negativ geotropisch aufwärts wachsen. Es ließ sich dabei auch eine den Heliotropismus steigernde Nachwirkung der Laboratoriumsluft feststellen.

Digitized by Google

Geotropische Versuche bei Ausschluß von Licht haben eine ähnliche Abhängigkeit des Geotropismus von den gasförmigen Verunreinigungen der Luft dargetan.

Endlich wurde gezeigt, daß auch andere *Papilionaceen* als Wicken, Erbsen und Linsen und noch andere Familien als die schon bekannten, gleichfalls der Laboratoriumsluftwirkung unterliegen, wobei sich ähnlich wie bei den Wicken eine ganze Empfindlichkeitsskala aufstellen läßt.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Molisch, für das rege Interesse, das er jedem Fortschritt der Arbeit entgegenbrachte, meinen verbindlichen Dank auszusprechen.

Digitized by Google

IV. Protokolle.

Digitized by Google

Protokoll Nr. 1. (ad *A*, 1; Text p. 274.)

Heliotropischer Versuch vom 29. März 1905, 6h abends

mit durchwegs schlanken, negativ geotropischen, im Glashaus unter Dunkelstürzen ausgekeimten Pflanzen. *DL* der *Sa* 1·5 *cm*; *DL* der *Fu* 2 *cm*.

Die Beobachtungsflamme wurde hinter den Keimlingen angezündet und sofort nach der Beobachtung ausgelöscht.

Tag	Uhr	Temp.	Futterwicke		Sandwicke	
			reine Luft	unreine Luft	reine Luft	unreine Luft
30. März	6h p.	22°	Die Keimlinge zeigen steile Krümmungen zum Lichte	Scharfe rechtwinkelige Krümmung zum Lichte	Steile Krümmung in der Beleuchtungsrichtung	Scharfe, fast rechtwinkelige Krümmung zum Lichte
31. März	8h 45m a.	21°	*DL* 10 *cm* Der Winkel der heliotropischen Krümmung beträgt durchschnittlich 20°	*DL* 2+1 *cm* Der Winkel der heliotropischen Krümmung von der Vertikalen beträgt rund 88°	*DL* 7 *cm* D. W. v. d. V. beträgt etwa 2°	*DL* 1·5+1 *cm* D. W. v. d. V. beträgt rund 70°
31. März	3h 30m p.	22°	Der Effekt erscheint verstärkt.			
1. April	9h 45m a.	21·5°	Die Unterschiede sind ungemein deutlich.			
1. April	5h 22m p.	22°	Schluß des Versuches. Der Versuch wurde photographiert und unmittelbar nachher gemessen.			

Digitized by Google

Das Messungsergebnis.

Futterwicke						Sandwicke					
reine Luft			unreine Luft			reine Luft			unreine Luft		
∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*
	cm	*mm*		*cm*			*cm*	*mm*		*cm*	*mm*
nicht mehr bestimmbar	15·42	u. 1·5 m. 1 o. 1	88·3°	2·02+2·58 4·60	u. 1·5 m. 2 o. 1	nicht mehr bestimmbar	12·95	u. 1 m. 1 o. 0·8	67·3°	1·4+4·25 5·65	u. 1 m. 1·8 o. 0·8

Zeichenerklärung.

DL Durchschnittslänge (bei den Pflanzen in unreiner Luft bedeuten die zweiten Zahlen die Zuwächse).
DD Durchschnittsdicke.
Sa Sandwicken.
Fu Futterwicken.
∢ d. h. Kr. Winkel der heliotropischen Krümmung im Durchschnittswert angegeben.
u. Unten.
m. In der Mitte.
o. Oben.

Digitized by Google

Protokoll Nr. 2. Zur Photographie Fig. 2. (ad *A*, 1; Text p. 274.)

Heliotropischer Versuch vom 7. April 1905, $^3/_4 9^h$ früh.

Vorbereitung.

Am 5. April, 6^h abends, wurden die Wicken, deren Würzelchen bloß ausgetrieben hatten, unter Glasglocken mit Wasserabschluß und unter Dunkelstürzen im Warmkasten aufgestellt.

Tag	Uhr	Temp.	Futterwicke		Sandwicke	
			Erster Topf	Zweiter Topf	Erster Topf	Zweiter Topf
5. April	5^h 45^m p.	21°	—	—	—	—
6. April	10^h 30^m a.	20°	*DL* etwa $^1/_2$ *cm*	*DL* etwa $^1/_2$ *cm*	Die Keimlinge erheben sich eben über den Boden	
7. April	8^h 15^m a.	19°	*DL* etwa 2 *cm*, schmächtig		*DL* etwa 2 *cm*, schmächtig; schön negativ geotropisch	

Beginn des eigentlichen Versuches am 7. April 1905, $^3/_4 9^h$ früh.

* Diese Zahlen entsprechen denen in der Photographie.

Tag	Uhr	Temp.	Futterwicke		Sandwicke	
			reine Luft 2*	verunreinigte Luft 1*	reine Luft II*	verunreinigte Luft I*
7. April	5^h a.	20°	—	Beginnende heliotropische Krümmung	—	Beginnende heliotropische Krümmung

Digitized by Google

8. April	$12^h\,45^m$ p.	19°	**gerade, aufrecht**	**heliotropisch gekrümmt**	**gerade, aufrecht**	**heliotropisch gekrümmt**
9. April	$5^h\,15^m$ a.	19°	*DL* rund 10 *cm* Die vordere Reihe der Keimlinge scheint etwas heliotropisch gekrümmt zu sein	Der horizontale Zuwachs rund 3 *cm*. Der Winkel von der Vertikalen rund 60°	*DL* 10 *cm* Zweifellos ganz gerade	Der Zuwachs beträgt rund 3 bis 4 *cm* ∢ d. h. Kr. etwas geringer als bei 1.
10. April	9^h a.	19°	**schwach heliotropisch**	**stark heliotropisch**	**vollkommen gerade** Einige Keimlinge stoßen bereits an der Glocke oben an	**stark heliotropisch**

Schluß des Versuches. — Der Versuch wurde am 10. April um $12^1/_2{}^h$ photographiert, kurz darauf gemessen.

Messungsergebnis.

Die vier Hauptkolonnen haben dieselben Überschriften wie die des vorigen Versuches.

∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*
	cm	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*
8°	14·55	u. 1·5 m. 1 o. 1	65·7°	1·93+3·38 5·31	u. 1·5 m. 2·5 o. 1	0°	13·56	u. 1 m. 1 o. 1	60·5°	1·3+4·66 5·96	u. 1 m. 1·5 o. 1

Bestimmung der Lichtintensität beim vorliegenden heliotropischen Versuche mittels des Bunsen'schen Fettfleckphotometers. Nach vier Bestimmungen zeigte das Photometer konstant gleiche Lichtintensität, wenn $x : 1 = 20 \cdot 5^2 : 305^2$, woraus für $x = 420 \cdot 25 : 93025$ der Wert von 0·00451 N. K. folgt. — Da x die Lichtintensität der Glasflamme vorstellt und die Keimlinge 153 *cm* davon entfernt waren, folgt der Wert von $0 \cdot 00451 : 153^2 = 0 \cdot 000.00019 = 0 \cdot 000.0002$ N. K. für die den Heliotropismus hervorrufende Lichtintensität. In dieser Weise wurden die Lichtintensitäten auch bei den anderen Versuchen bestimmt.

Digitized by Google

Protokoll Nr. 3. Zur Photographie Fig. 3. (ad *A*, 2; Text p. 281.)

Photometrischer Versuch mit Vicia sativa L. und Vicia villosa Roth. vom 7. Juli 1905, 9h früh.

* Diese Zahlen entsprechen denen in der Photographie.

Tag	Uhr	Temp.	Futterwicke		Sandwicke	
			reine Luft I*	unreine Luft II*	reine Luft 1*	unreine Luft 2*
7. Juli	7h 30m p.	20°	Nicht heliotropisch	Sehr deutlich, fast rechtwinkelig gegen die eine Gasflamme gekrümmt	Nicht heliotropisch	Mäßig heliotropisch gekrümmt
7. Juli	9h 30m p.	20°	Andeutung von Heliotropismus	Wie oben	Wie oben	Deutlich heliotropisch gekrümmt, doch schwächer als in II
8. Juli	6h p.	20°	Wurde der Versuch photographiert, indem die Glocken entfernt und die Töpfe unter Winkeln von 45° zur früheren Aufstellung gedreht wurden.			
8. Juli	11h p.	—	Erfolgte die Messung.			

Messungsergebnis.

∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*
	cm	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*
5—30° Schätzw. n. meßb.	8·9	u. 1·1 m. 1·1 o. 1·1	54·7°	0·9+1·4 2·3	u. 1 m. 2·5 o. 1·5	0°	8·9	u. 1 m. 1 o. 1	35·8°	0·9+2 2·9	u. 1 m. 1·5 o. 1

Digitized by Google

Protokoll Nr. 4. Zu den Photographien Fig. 4 und 5. (ad *A*, 3; Text p. 286.)

Heliotropischer Versuch mit phosphoreszierenden Substanzen vom 7. Juli 1905, $9^h\ 30^m$ a.

Der Versuch dauerte bis zum 8. Juli 1905, 5^h p., wurde photographiert und am selben Tag um $^1/_2 10^h$ p. gemessen.

Am 7. Juli wurde bereits um $9^h\ 30^m$ p. im Lichte der phosphoreszierenden Substanzen bei den Keimlingen in der verunreinigten Luft Heliotropismus wahrgenommen.

Messungsergebnis.

Futterwicke						Sandwicke					
reine Luft			unreine Luft			reine Luft			unreine Luft		
∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*
	cm	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*
nicht ablesbar	8·4	u. 1·5 m. 1·5 o. 1	72·8°	1·28+1·63 2·91	u. 1·5 m. 2 o. 1	nicht ablesbar	8·9	u. 1 m. 1 o. 0·8	46·7°	1·09+2·41 3·5	u. 1 m. 1·5 o. 1

Digitized by Google

Protokoll Nr. 5. Zur Photographie Fig. 6. (ad *A*, 4; Text p. 289.)

1. Induktionsversuch vom 21. Juni 1905.

Die Entfernung der in der Höhe der Keimlinge befindlichen Induktionsflamme von 23·65 N. K. betrug 119 *cm*.

Die Aufstellung des Versuches erfolgte vor 10^h a. fast völlig im Dunkeln, denn schwaches rotes Licht kam erst bei den letzten Handgriffen in Verwendung.

Ort des Versuches: Molisch's Thermostat.

Tag	Uhr	Temp.	Futterwicke		Sandwicke	
			reine Luft 2*	unreine Luft 1*	reine Luft II*	unreine Luft I*
21. Juni	10^h bis $10^h 5^m$ a.	—	Erfolgte die erste Exposition			
22. Juni	$7^h 30^m$ a.	—	Die Keimlinge erscheinen vertikal	Recht deutlicher Heliotropismus	Die Keimlinge erscheinen vertikal	Recht deutlicher Heliotropismus
22. Juni	$7^h 30^m$ bis $7^h 35^m$ a.	—	Erfolgte die zweite Exposition			
23. Juni	$5^h 30^m$ a.	—	Der Effekt erscheint verstärkt.		Der Versuch wird photographiert.	

* Diese Zahlen entsprechen denen der Photographie.

Digitized by Google

Messungsergebnis,

erhalten unmittelbar nach erfolgter photographischer Aufnahme.

Futterwicke						Sandwicke					
reine Luft			unreine Luft			reine Luft			unreine Luft		
∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*
	cm	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*
0°	9·4	u. 1·2 m. 1 o. 0·8	80·5° †	1·2+1·3 2·5	u. 1 m. 2 o. 0·9	0°	10·76	u. 0·9 m. 0·9 o. 0·5	47·4° ††	1·35+2·84 4·19	u. 1 m. 1·3 o. 0·5

† Ermittelt aus folgenden Einzelwerten:

90°, 90°, 93°, 60°, 58°, 80°, 93°.

Zwei Pflanzen mit »horizontalen Nutationen« von 30° und 90° senkrecht zum Lichteinfall wurden nicht in Betracht gezogen.

†† Ermittelt aus folgenden Einzelwerten:

32°, 30°, 30°, 20°, 60°, 70°, 75°, 70°, 42°, 40°, 50°, 50°.

Eine Pflanze mit »horizontaler Nutation« von 10° wurde nicht in Betracht gezogen.

Digitized by Google

Protokoll Nr. 6. (ad *A*, 4; Text p. 289.)

2. Induktionsversuch vom 21. Juni 1905 (auf dem Versuchstisch der Dunkelkammer).

Die Entfernung der Induktionsflamme von 23·65 N. K. betrug 73 *cm*. Die Flamme stand höher als die Keimlinge.

Die Versuche wurden nach erfolgter Induktion noch mit schwarzen Pappstürzen bedeckt.

Auch hier war nach einmaliger Induktion von 5 Minuten am 21. Juni am 22. Juni, um $7^h\,30^m$ a., das Resultat ungemein klar und deutlich.

Das Messungsergebnis am 23. Juni, $5^h\,30^m$ a.

Futterwicke						Sandwicke					
reine Luft			unreine Luft			reine Luft			unreine Luft		
∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*
	cm	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*
0°	9·67	u. 1·5 m. 1 o. 1	57·8°[1]	1·2+1·6 2·8	u. 1 m. 2 o. 1·5	0°	9·8	u. 1 m. 1 o. 0·9	46·8°	1·07+2·4 3·47	u. 1 m. 1·5 o. 0·5
			Wegen Nutationen wurden drei Pflanzen nicht berücksichtigt						Wegen Nutationen wurden drei Pflanzen nicht berücksichtigt		

[1] Die Zuwachsstrecken befanden sich in der Richtung des Heliotropismus induzierenden Lichtes.

Digitized by Google

Protokoll Nr. 7. (ad *A*, 6; Text p. 298.)

Heliotropischer Versuch mit Pseudomonas lucifera-Kulturen als Lichtquelle vom 28. Juni 1905.

Die Leuchtkulturen befanden sich auf Glyzerin-Pepton-Gelatine.

Zu beiden Seiten der Strichkulturen standen die Versuche so, daß die Distanz der Keimlingskolonnen von ihnen je 16 *cm* betrug.

Die Versuchsaufstellung erfolgte im roten Lichte.

Tag	Uhr	Temp.	Futterwicke		Sandwicke	
			reine Luft	unreine Luft	reine Luft	unreine Luft
29. Juni	$8^h\ 30^m$ a.	—	Alle aufrecht	Alle heliotropisch gekrümmt	Alle aufrecht	Alle heliotropisch gekrümmt
30. Juni	7^h a.	—	Spuren heliotropischer Krümmung	Alle deutlich heliotropisch ∢ d. h. Kr. 90°	Fast alle vertikal, bei einigen Keimlingen beginnende heliotropische Krümmung	Alle deutlich heliotropisch ∢ d. h. Kr. 70°

Der Versuch wurde zur Überprüfung der Frage nach der Chlorophyllbildung im Bakterienlichte verwendet.

Digitized by Google

Protokoll Nr. 8. Zur Photographie Fig. 7 *a* und *b*. (ad *B*; Text p. 306 und 308.)

Heliotropischer Versuch mit horizontal gelegten, von unten beleuchteten Erbsen vom 6. Dezember 1905.

Beginn des Versuches um $^1/_2 10^h$ früh.

Keimlinge in Sand in Gläschen. Am 11. Dezember wurde der Versuch photographiert und gemessen.

Messungsergebnis.

Reine Luft				Unreine Luft			
∢ d. neg. g. Kr.*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*	∢ d. neg. g. Kr.*	∢ d. h. Kr.	*DL*	*DD*
91°	0°	5·9+15·14 = 21·04 *cm*	u. 2·5 *mm* m. 2·5 o. 2	0°	91·8°	1·35+2·2 = 3·55 *cm*	u. 2·1 *mm* m. 4·4 o. 2

* ∢ d. neg. g. Kr. = Durchschnittswert des Winkels der negativ geotropischen Krümmung bei den verwendeten Keimlingen.

Protokoll Nr. 9. Zur Photographie Fig. 8 *a* und *b*. (ad *B*; Text p. 306 und 309.)

Heliotropischer Versuch mit vertikalen, zunächst von der Seite, später von unten beleuchteten Keimlingen der Erbse.

Beginn des Versuches am 9. Jänner 1906, $9^h 45^m$ a.

Rund 1 *cm* hohe, in Gläschen gesetzte, im Warmhause des Gewächshauses ausgekeimte, schlanke, gerade, negativ geotropische Keimlinge der Erbse wurden am 9. Jänner 1906 unter mit feuchtem Filtrierpapier umhäuften Glocken der Wirkung sowohl der gasförmigen Verunreinigungen der Luft wie einer seitlichen Beleuchtung von zwei in der Höhe der Keimlinge befindlichen Gasflammen ausgesetzt.

Am 10. Jänner zeigten alle das typische Aussehen der Laboratoriumspflanzen und waren etwa um 90° von der Vertikalen gegen die Lichtquelle gekrümmt.

Digitized by Google

Am 13. Jänner wurden sie unter Dunkelstürzen ins Warmhaus des Gewächshauses übertragen, die Glocken gelüftet, mit Leitungswasser ausgespült und die Versuche mit Wasserabschluß wieder unter Dunkelstürzen in die Dunkelkammer übertragen, wo die eine Glasglocke gehoben und mit feuchtem Filtrierpapier umgeben wurde.

Bei der Fortsetzung des Versuches wurden die Erbsen in der p. 309 beschriebenen Weise von unten beleuchtet.

Am 15. Jänner wurde der Versuch aus der reinen Luft beendet und um 1^h p. photographiert, unmittelbar darauf gemessen.

Erst am 19. Jänner wurden auch die Pflanzen der verunreinigten Luft aufgenommen, weil erst noch die Entwicklung einer etwas längeren, herabgewachsenen Strecke abgewartet wurde, um das Bild möglichst klar zu machen. Wenn also die erhaltenen Längendifferenzen diesmal auch in nicht so auffallender Weise zu Gunsten der Pflanzen in reiner Luft ausgefallen sind, so sind sie immer noch groß genug. Ihre relative Kleinheit erklärt sich aber aus dem Vergleiche verschieden alter Keimlinge.

Das Vorhandensein der Zickzackkrümmung bei den Pflanzen in reiner, der Hakenkrümmung in verunreinigter Luft hat eine Neueinführung von Bezeichnungen nötig gemacht.

Es heiße das erste aufrechte Stück: a, die horizontale Strecke: b, die aufwärts- beziehungsweise abwärtsstrebende Strecke: c, der Durchschnittswert des Winkels, den a mit b einschließt: α, der Durchschnittswert des Winkels, den b mit c einschließt: β.

Der Versuch war durchwegs mit vier Glastöpfchen mit je fünf Keimlingen ausgeführt, wovon im Versuche mit der Beleuchtung von unten je zwei gleichartig behandelt wurden. Natürlich wurde immer nur ein Glastöpfchen mit fünf Erbsen aufgenommen, die Mittelwerte der Tabelle sind aber von sämtlichen je zehn gleichartig behandelten Keimlingen genommen.

Messungsergebnis.

Erhalten am 15. Jänner für die Pflanzen in reiner Luft				Erhalten am 19. Jänner für die Pflanzen in unreiner Luft			
α	β	DL	DD	α	β	DL	DD
87°	103·7°	$a = 1{\cdot}49$ *cm*	von $a = 3{\cdot}45$ *mm*	82·1°	122·1°	$a = 1{\cdot}39$ *cm*	von $a = 3$ *mm*
		$b = 1{\cdot}57$	» $b = 3{\cdot}6$			$b = 1{\cdot}8$	» $b = 3{\cdot}5$
		$c = 9{\cdot}43$	» $c = 2{\cdot}16$			$c = 1{\cdot}64$	» $c = 4$

Digitized by Google

Protokoll Nr. 10. Zur Photographie Fig. 11 *a, b, c, d.* (ad *C*; Text p. 313.)

Versuch über den negativen Geotropismus von Futter- und Sandwicken in reiner und unreiner Luft im Dunkeln.

Die Versuchspflanzen waren im Glashaus im Dunkeln, *Sa* im Maximum bis 0·3 *cm*, *Fu* bis 0·1 *cm DL* herangewachsen.
* ⊥ in aufrechter, ** ⊣ in umgelegter Stellung; jeder Topf mit je 7 *Sa* und je 7 *Fu* bepflanzt.

Tag	Uhr	Temp.	*a)* Futterwicke			
			reine Luft		unreine Luft	
			⊥ *	⊣ **	⊥	⊣
25. März	7h a.	22°	3 Keimlinge sichtbar	4 Keimlinge sichtbar, alle geotropisch gekrümmt	6 Keimlinge sichtbar, nach allen Richtungen verkrümmt	4 Keimlinge sichtbar, keiner geotropisch
26. März	7h a.	22°	*DL* d. 7 Keiml. 1 *cm*, alle gerade und schmächtig	*DL* der 7 Keiml. 1 *cm*, alle stark geotropisch gekrümmt, ∢ d. neg. g. Kr. 90°	*DL* der 7 Keiml. 0·5 *cm*, nach allen Richtungen verkrümmt, stark verdickt	7 Keimlinge sichtbar, nur 2 neg. geotr. unter ∢ von 45°, sonst keiner; verdickt
27. März	8h 30m a.	23°	*DL* 3 *cm*, schlank, gerade	*DL* 3 *cm*, alle sehr stark geotrop., schlank, schmächtig	*DL* 0·8 *cm*, sonst wie oben	*DL* 0·8 *cm*, 3 etwas geotropisch, die anderen nicht; sonst wie oben
28. März	8h 30m a.	22°	*DL* 6 *cm*, sonst wie oben	*DL* 6 *cm*, sonst wie oben	*DL* 1·5 *cm*, sonst wie oben	*DL* 1 *cm*, sonst wie oben

Digitized by Google

Tag	Uhr	Temp.	b) Sandwicke			
			reine Luft		unreine Luft	
			⊥	⊣	⊥	⊣
25. März	7h a.	22°	6 Keimlinge sichtbar	6 Keimlinge sichtbar, alle geotropisch gekrümmt	7 Keimlinge sichtbar, verdickt, verkrümmt	7 Keimlinge sichtbar, alle geotropisch
26. März	7h a.	22°	*DL* der 7 Keiml. 1 *cm*, vollkommen gerade	*DL* der 7 Keiml. 1 *cm*, 5 stark geotropisch, ∢ d. neg. g. Kr. 90°	*DL* der 7 Keiml. 0·5 *cm*, nach allen Richtungen verkrümmt, etwas verdickt	*DL* der 7 Keiml. 0·5 *cm*, 3 stark geotropisch, ∢ der neg. g. Kr. 90°, bei 2 Keimlingen 30°, bei 1 Keimling 0°
27. März	8h 30m a.	23°	*DL* 3 *cm*, schlank, gerade	*DL* 3 *cm*, sonst wie oben	*DL* 2 *cm*, sonst wie oben	*DL* 1·5 *cm*, 3 geotropisch gekrümmt
28. März	8h 30m a.	22°	*DL* 6 *cm*, sonst wie oben	*DL* 6 *cm*, alle stark geotropisch gekrümmt, ∢ der neg. g. Kr. 90°	*DL* 4 *cm*, sonst wie oben	*DL* 4 *cm*, 5 geotropisch gekrümmt, 3 unter ∢ von 90°, 1 » ∢ » 45°, 1 » ∢ » 5°, die anderen nicht
28. März	12h 30m p.	—	Wurde der Versuch abgeschlossen und photographiert.			

Digitized by Google

Messungsergebnis unmittelbar nach der photographischen Aufnahme.

Reine Luft						Unreine Luft					
	⊥			⊣			⊥			⊣	
Die Keimlinge sind	*DL*	*DD*	∢ d. neg. g. Kr.	*DL*	*DD*	Die Keimlinge sind	*DL*	*DD*	∢ d. neg. g. Kr.	*DL*	*DD*
				a) **Futterwicke**							
	cm	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*
Aufrecht, gerade	6·3	u. 1·5 m. 1 o. 1	90°	2+5·7 7·7	u. 1·5 m. 1·5 o. 1	Nach all. Seiten verkrümmt	0·77+1·3[1] 2·07	u. 2 m. 3 o. 1	40°	0·7+0·94 1·64	u. 2·5 m. 3 o. 1·5
				b) **Sandwicke**							
	cm	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*
Aufrecht, gerade	7·3	u. 1 m. 0·8 o. 0·8	90°	0·12+6 6·12	u. 1 m. 0·8 o. 0·8	Nach all. Seiten verkrümmt	0·3+2·4[1] 2·7	u. 1·5 m. 1 o. 1	45·7°	0·85+2·5 3·35	u. 2 m. 1·2 o. 1

[1] Durchschnittswert der »horizontal nutierenden« Zuwächse.

Digitized by Google

Protokoll Nr. 11. Zur Photographie Fig. 10 *a* und *b*. (ad *C*; Text p. 314.)

Versuch über den negativen Geotropismus von Vicia Faba, große Varietät, in reiner und unreiner Luft im Dunkeln.

Vom 6. April 1905.

Messungsergebnis am 12. April 1905.

Reine Luft						Unreine Luft					
aufrechte Wicken			umgelegte Wicken			aufrechte Wicken			umgelegte Wicken		
Die Keimlinge sind	*DL*	*DD*	∢ d. neg. g. Kr.	*DL*	*DD*	Die Keimlinge sind	*DL*	*DD*	∢ d. neg. g. Kr.	*DL*	*DD*
	cm	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*		*cm*	*mm*
Aufrecht, gerade	12·3	u. 3·5 m. 3 o. 3·5	96°	16·6	u. 4 m. 4·5 o. 4	Aufrecht, mehr minder gerade	8·5	u. 5 m. 5 o. 5	61·6°	8·7	u. 4·5 m. 5 o. 4

Digitized by Google

Figurenerklärung.

Tafel I.

Fig. 1. Heliotropischer Versuch mit Erbsen. Vergl. Text p. 269.
Die Lichtquelle wäre in der Photographie zwischen I und II zu denken.
II Keimlinge in reiner, I in unreiner Luft.

Fig. 2. Der Grundversuch zur Demonstration der verschiedenen Empfindlichkeit verschiedener Wickenspezies sowohl gegen die gasförmigen Verunreinigungen der Luft wie gegen das Licht. Vergl. Text p. 274 und Protokoll Nr. 2.
I und II Sand-, 1 und 2 Futterwicken; I und 1 in verunreinigter, II und 2 in reiner Luft.

Fig. 3. Ein photometrischer Versuch mit Sand- und Futterwicken. Vergl. Text p. 282 und Protokoll Nr. 3.
1 und 2 die Sand-, I und II die Futterwicken; I und 1 in reiner, II und 2 in verunreinigter Luft.

Tafel II.

Fig. 4 und 5. Ein heliotropischer Versuch mit phosphoreszierenden Substanzen mit gleichzeitiger Darstellung der Versuchsanordnung.
Die Glocke links in Fig. 4 steht in einer Glasschale mit Wasser und ist durch dieses von der umgebenden Luft abgeschlossen. Das abgeschlossene Luftquantum wurde aus dem Glashause geholt. Die Glocke rechts im Bild ist durch ein Glasröhrchen über die Oberfläche einer dünnen Wasserschichte in der zweiten Glasschale gehoben und mit Filtrierpapier umhäuft. Die vier Blumentöpfe stehen auf umgekehrten Glasschalen, die ein im Wasserstehen der Wurzeln verhindern.
Zwischen beiden Glocken hängen an einem Drahte die verwendeten drei Gläschen mit den phosphoreszierenden Substanzen. Der Versuch stand auf dem Versuchstisch der Dunkelkammer.
In Fig. 5 ist der Versuch ohne Glasglocken abgebildet.
I und II sind die Futter-, 1 und 2 die Sandwicken.
In der Mitte sind die Gläschen mit den phosphoreszierenden Substanzen, jetzt in Sand gesteckt aufgenommen. Vergl. Text p. 286 und Protokoll Nr. 4.

Digitized by Google

Tafel III.

Fig. 6. Ein Induktionsversuch. Vergl. Text p. 289 und Protokoll Nr. 5 und 6. I und II Sand-, 1 und 2 Futterwicken; I und 1 in verunreinigter, II und 2 in reiner Luft.

Fig. 7. Ein heliotropischer Versuch mit Erbsen mit Beleuchtung von unten. Vergl. Text p. 306 und 308 und Protokoll Nr. 8.
a) Keimlinge in reiner, *b)* in verunreinigter Luft.

Fig. 8 *a)* und *b)*. Ein heliotropischer Versuch mit Erbsenkeimlingen, zunächst mit Beleuchtung von der Seite, dann von unten. Vergl. Text p. 306 und 309 und Protokoll Nr. 9.
Während der Seitenbeleuchtung waren alle Versuchskeimlinge der Laboratoriumsluft ausgesetzt; bei der weiteren Beleuchtung von unten nur die Keimlinge der Fig. 8 *b)*.
Fig. 8*a)* stellt die in reine Luft übertragenen, von unten beleuchteten Pflanzen dar.

Tafel IV.

Fig. 9. Der neue Thermostat für Lichtkulturen von Molisch. Vergl. die Beschreibung p. 300; t und t_1 Türen.

Fig. 10 *a)* und *b)*. *Vicia Faba*-Keimlinge im Dunkeln, horizontal gelegt. Vergl. Text p. 314 und Protokoll Nr. 11.
a) in reiner, *b)* in verunreinigter Luft.

Fig. 11 *a), b), c), d)*. Ein geotropischer Versuch mit Wicken. Vergl. Text p. 313 und Protokoll Nr. 10.
In den umgelegten Töpfen *a* und *b* bilden die Futterwicken die untere, die Sandwicken die obere Reihe. Bei den aufrechten Blumentöpfen sind die Futterwicken in den vorderen Reihen.
a und *c* befanden sich in reiner, *b* und *d* in verunreinigter Luft.

Digitized by Google

Inhaltsangabe.

	Seite
Einleitung (Literaturübersicht, Methodisches)	265
I. Orientierende Versuche über den Einfluß von Kohlensäureanreicherung und Transpirationsausschluß auf Heliotropismus und Geotropismus	269
Kritik der neuen Experimente von Jaccard	271
II. Versuche über den Einfluß der Laboratoriumsluft	273
A. Auf den Heliotropismus	273
1. Grundversuch zur Demonstration der verschiedenen Empfindlichkeit verschiedener Wickenspezies sowohl gegen die gasförmigen Verunreinigungen der Luft wie gegen das Licht. Ausblick auf Wiesner's heliotropische Experimente	274
Die Versuche von Oltmanns	279
2. Der photometrische Versuch von Wiesner	281
3. Versuche mit phosphoreszierenden Substanzen	284
4. Induktionsversuche	287
5. Bestimmung der Lichtintensitäten	292
6. Versuche mit Leuchtbakterien	297
Versuche über Chlorophyllbildung im Bakterienlichte	298
7. Ein neuer Thermostat für Lichtkulturen von Molisch	300
B. Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus. Die beschriebenen Erscheinungen: ein Spezialfall der anaesthesierenden Wirkungen der Narkotika	302
Über physiologische Nachwirkung der gasförmigen Verunreinigungen beim Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus	310
C. Versuche über den Geotropismus	311
D. Experimente über den Einfluß gasförmiger Verunreinigungen der Luft auf eine größere Anzahl verschiedener Wickenspezies und andere Pflanzen	315
1. Experimente mit verschiedenen Wicken	315
2. Über die verschiedene Empfindlichkeit verschiedener Organe derselben Wickenspezies	319
3. Über die langsame Gewöhnung von Wickenkeimlingen an die Laboratoriumsluft und deren physiologische Nachwirkung	321
4. Über die Empfindlichkeit verschiedener Pflanzen für die gasförmigen Verunreinigungen der Luft	327
III. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	329
IV. Protokolle	333
Figurenerklärung	350

Digitized by Google

Fig 1.

Fig.

Digitized by Google

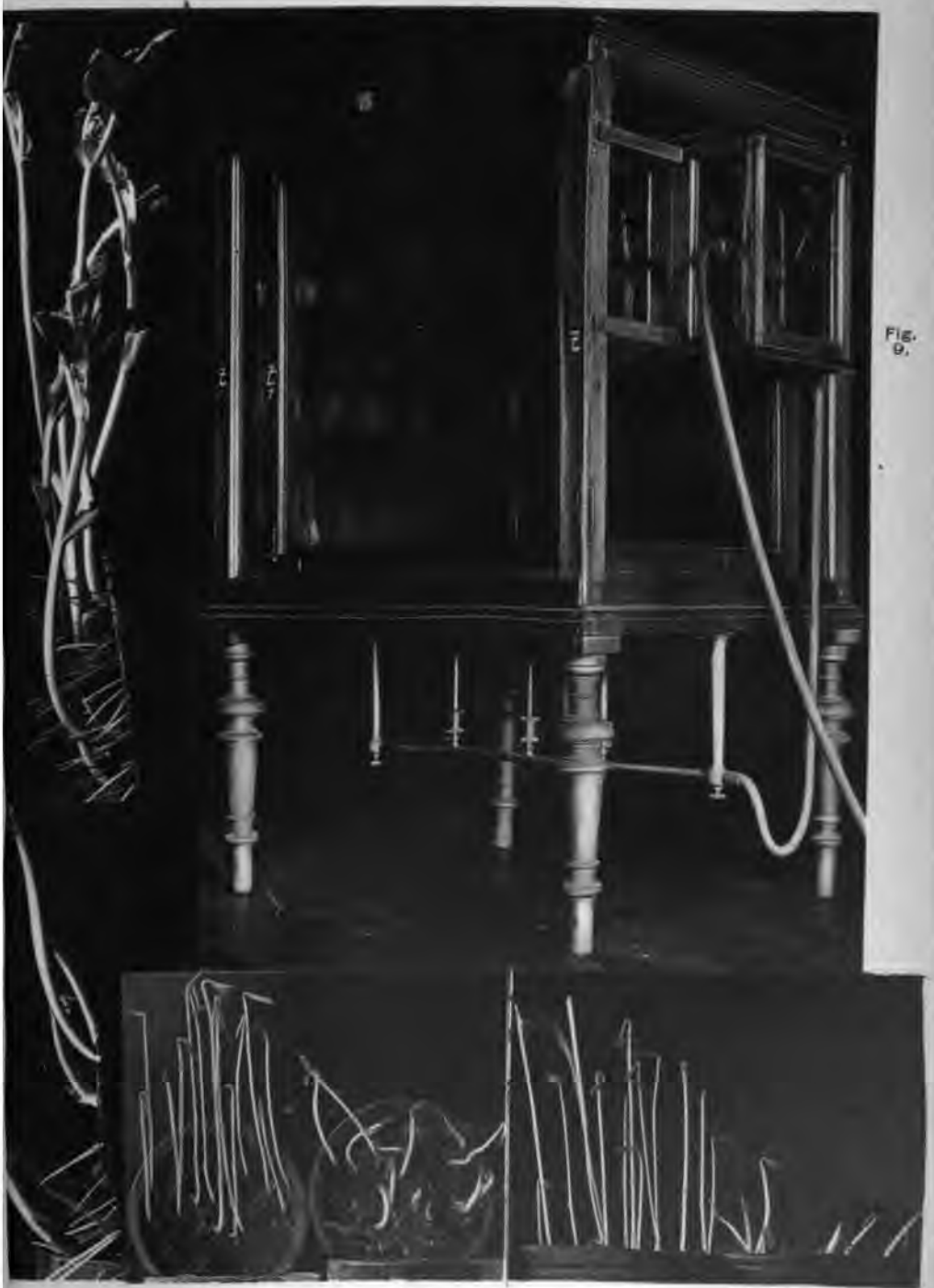


Fig. 9.

a b c d

Fig 11.

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

Digitized by Google

Digitized by Google

Vergleichende Untersuchungen über die Beschaffenheit des Fruchtschleimes von *Viscum album* L. und *Loranthus europaeus* L. und dessen biologische Bedeutung

von

Dr. **Gustav Tomann.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Wiener Universität.

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. Februar 1906.)

Gjokić hat in seiner Abhandlung: »Zur Anatomie der Frucht und des Samens von *Viscum*«[1] unter anderem auch die Ergebnisse seiner Untersuchung des Fruchtschleimes von *Viscum album* dargelegt. Herr Hofrat Professor Dr. J. Wiesner betraute mich nun mit der Aufgabe, den Schleim der Frucht von *Loranthus europaeus* zu untersuchen. Ich ging vergleichend vor, indem ich die von Gjokić angestellten Untersuchungen wiederholte und prüfte, dieselben und auch andere aber mit Loranthusschleim ausführte. Dadurch wurde es mir möglich, auch geringe Unterschiede mit Sicherheit erkennen zu können.

Bevor ich jedoch an die Darlegung der Ergebnisse meiner Untersuchung schreite, will ich zur Orientierung die Ansichten einiger Forscher über Schleim überhaupt anführen.

Tschirch[2] unterscheidet nach dem Verhalten zu Jod und Chlorzinkjod Zelluloseschleime, welche die bekannten Zellulosereaktionen geben, echte Schleime und Gummi, die sich mit Chlorzinkjod mehr oder weniger gelb bis braun färben,

---

[1] Gjokić, Sitzb. d. kais. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. CV, Abt. I, (1896).

[2] Tschirch, Anatomie, Wien und Leipzig, 1889, p. 193 ff.

Digitized by Google

endlich Amyloid (zum Beispiel in den Kotyledonen der Samen von *Tamarindus*). Dieses wird schon durch Jod allein gebläut.

Echte Schleime unterscheiden sich auch dadurch von den Zelluloseschleimen, daß erstere bei der Oxydation mit Salpetersäure neben Oxalsäure auch noch Schleimsäure liefern, während letztere bei diesem Prozesse nur Oxalsäure geben. Betreffs der Löslichkeit in Kupferoxydammoniak bemerkt Tschirch, daß die beiden letztgenannten Schleimarten darin unlöslich sind. Als Ausnahme nennt er den Flohsamenschleim (von *Plantago Psyllium*).

Czapek[1] sagt: »In chemischer Hinsicht sind die Schleime noch sehr unzureichend bekannt. Beziehungen zu Pektinsubstanzen und Gummi sind vielleicht vorhanden, konnten aber noch nie mit Bestimmtheit nachgewiesen werden. In Wasser bilden alle Schleime kolloidale Lösungen.«

Eine auch von Strasburger[2] akzeptierte Einteilung rührt von Mangin[3] her. Dieser teilt die Schleime ein in Zellulose-, Pektose- und Kalloseschleime. Die Pektoseschleime entsprechen so ziemlich den echten Schleimen Tschirch's. Außerdem unterscheidet Mangin noch gemischte und unbestimmte Schleime.

Auch Giraud[4] hat eine, wenn auch für unsere Zwecke entbehrliche Einteilung der Schleime angegeben.

Ich gehe jetzt zur Behandlung des eigentlichen Untersuchungsstoffes über. Vor allem will ich diejenigen Angaben Gjokić'[5] anführen, die sich mit meinen Befunden decken.

Die Frucht von *Viscum album* hat das Aussehen einer Beere von ziemlich rein weißer Farbe. An ihr kann man unterscheiden: eine derbe Außenhaut, eine gänzlich verschleimte Schichte, die uns interessierende Viscinschicht, endlich den 1 bis 3 Embryonen enthaltenden Kern, den sogenannten Samen, welcher vom Schleim rings umschlossen wird.

---

[1] Czapek, Biochemie der Pflanzen, Jena, 1905, I, p. 582.

[2] E. Strasburger, Das botan. Praktikum, Jena 1902, p. 596.

[3] Mangin, Bull. de la soc. bot. de France, Bd. XLI, 1894, p. XLI.

[4] Giraud, Compt. rend., 80, 477.

[5] Gjokić, l. c.

Digitized by Google

Zerdrückt man eine Beere zwischen den Fingern, so quillt der Kern, umgeben von einer Schleimschichte, hervor. Ebenso bleibt an der Außenhaut ein Viscinbelag zurück.

Untersuchen wir jede der beiden Schichten für sich allein unter dem Mikroskop, so sehen wir, daß sie nicht das gleiche Aussehen haben. Die äußere, an der Außenhaut hängende Schicht besteht fast nur aus Fäden, die innere dagegen stellt sich dem bewaffneten Auge als ein Gemenge der erwähnten Fäden mit einer großen Zahl knäuelig geballter Klümpchen dar. Gjokić scheint nur die äußere Schicht untersucht zu haben, da seine Angaben sich nur bei dieser mit meinen Befunden decken.

Jeder Faden dieser Schicht entspricht nach Gjokić und Czapek[1] einer Zelle, die, spindelförmig, an ihren spitzen Enden auseinandergezogen wurde. Man kann den Zellkörper besonders nach Tinktion mit Methylenblau leicht sehen, da sich das Plasma lebhaft blau gefärbt hat.

Geben wir nun ein wenig Schleim der Außenschichte auf den Objektträger, ohne ihn aber zu zerziehen, und lassen Chlorzinkjod hinzutreten, so färbt sich der Schleim langsam und nur an den Rändern. Auseinandergezogen färbt er sich rasch, und zwar werden die Fäden violett, die Zellen gelb bis lichtbraun. Dies stimmt nicht mit den Angaben Strasburgers[2] überein, wonach Jodverbindungen kaum auf Zelluloseschleime einwirken.

Außer der vorhergehenden Angabe Gjokić' fand ich noch folgende seiner Angaben bestätigt.

Mit Jodtinktur und Schwefelsäure tingieren sich die Schleimfäden blau, die Zellen gelb bis braun.

Rutheniumrot, ein von Mangin[3] empfohlener Farbstoff, in 0·02% wässeriger Lösung, färbt den Schleim schwach rosarot, ebenso wie Baumwolle oder Sulfitzellulose ganz wenig rosarot gefärbt wird.

Kongorot verursacht eine sehr lebhafte Rotfärbung, die sich auch durch sorgfältiges Waschen kaum verändert.

---

[1] Czapek, l. c.

[2] Strasburger, l. c.

[3] Mangin, Compt. rend. de l'Acad. de sc., Paris, 20 Mars 1893.

Digitized by Google

Die sich bei längerer Einwirkung von Methylenblau auf den Schleim zeigende blaue Färbung wird durch andauerndes Waschen mit Wasser wieder vollkommen beseitigt, so daß die Fäden farblos bleiben. Dagegen speichert der Zellinhalt den Farbstoff in sich auf.

In Wasser löst sich der Schleim nicht oder nur äußerst wenig auf. Als ich solches Schleim enthaltendes Wasser filtrierte, das klare Filtrat mit Alkohol (96 %) versetzte, war wohl eine leichte Trübung bemerkbar, die Untersuchung des Niederschlages war unmöglich.

In Kupferoxydammoniak ist der Schleim vollkommen löslich. Auch später werden wir noch einige Schleime kennen lernen, welche in diesem Mittel löslich sind, so daß sich die Angabe Tschirch's,[1] echte und Zelluloseschleime seien darin unlöslich, doch als Regel mit einigen Ausnahmen darstellt. Auch in Schwefelsäure löst sich der Schleim auf.

Soweit stimmen die Angaben Gjokić' mit meinen Befunden überein. Daß die Schleimfäden doppelt lichtbrechend sind, da sie im dunklen Gesichtsfelde der gekreuzten Nikols irisierend aufleuchten, läßt er unberücksichtigt. Einige seiner Resultate stehen aber mit den meinen in direktem Widerspruche.

So schreibt er, daß Korallinsoda den Schleim färbe. Ich konnte durch Auswaschen den Farbstoff wieder entfernen, so daß kaum eine Spur einer Tinktion zurückblieb.

Ferner gibt er an, in Kalilauge löse sich der Schleim nicht auf, sondern quelle nur. Dies ist gewiß nicht richtig. Ich digerierte Schleim 3 bis 4 Tage mit starker Kalilauge, filtrierte und setzte tropfenweise Alkohol zu. An der Berührungsstelle schied sich dabei ein flockiger Niederschlag ab. Bei größerem Zusatz von Alkohol und darauffolgendem Schütteln ballten sich die Flocken zu Klümpchen zusammen. Dieser Niederschlag gab bei der Untersuchung alle spezifischen Zellulosereaktionen geradeso wie der ursprüngliche Schleim. Zerdrückte man ein Klümpchen des Präzipitats auf dem Objektträger, so sah man unter dem Mikroskope, daß es in sehr dünne Fäden zerfallen war. Diese erwiesen sich auch als doppelt lichtbrechend.

---

[1] Vgl. p. 354.

Digitized by Google

Die Löslichkeit in Kalilauge ist ja nicht nur eine Eigenschaft des Zelluloseschleimes, sondern auch der reinen Zellulose. So schreibt Tollens,[1] daß 10 % Natronlauge, die hier gleiche Wirkung wie Kalilauge hat, bis 40 % von damit digerierter Zellulose auflöse und Alkohol aus der Lösung eine amorphe Masse fälle (nach Koch)[2]. Ähnlich schreibt B. Quadrat.[3] Auch meine Versuche mit Sulfitzellulose und Salepschleim, der auch ein Zelluloseschleim ist, bestätigten diese Angaben.

Der Schleim der äußeren Schichte der Viscumfrucht zeigt also alle Reaktionen, die für Zellulose typisch sind, gehört also zu den Zelluloseschleimen.

Anders verhalten sich aber die Klümpchen der inneren Schicht. Ich fand nirgends eine Angabe über das Vorhandensein dieser Schleimschichte.

Mit Chlorzinkjod oder mit Jodtinktur und Schwefelsäure färben sich diese Klümpchen gelb bis braun, mit Methylenblau dagegen intensiv blau. Sie unterscheiden sich also wesentlich von den Schleimfäden und gehören den später noch zu erörternden echten Schleimen Tschirch's oder den Pektoseschleimen Mangin's an.

Löslich sind die Klümpchen in Kupferoxydammoniak, Kalilauge und in konzentrierter Oxalsäurelösung. Der daraus mit Alkohol gefällte Niederschlag gibt dieselben Reaktionen wie die Schleimklümpchen, erweist sich auch wie diese optisch inaktiv.

Auch einige Fettröpfchen konnte ich im Schleim suspendiert bemerken. Ob dieselben aber der von Gjokić gefundenen epicuticularen Wachsschichte des »Samens« oder aber der Schleimschichte ursprünglich angehören, wage ich nicht zu entscheiden. Daß es ein fett- oder wachsartiger Körper war, erkannte ich an den Färbungen mit Sudan III, Alkannatinktur und Osmiumsäure.

Der Bau der Früchte von *Loranthus europaeus* ist im großen und ganzen derselbe wie der Bau der Früchte von *Viscum*. Farbe der Frucht ist aber ein ziemlich lebhaftes Gelb.

[1] Tollens, Kurzes Handbuch der Kohlenhydrate. Breslau 1898.

[2] Koch, Pharmac. Zeitschr. für Rußland. 1886, p. 652.

[3] B. Quadrat, Lehrb. der Chemie. Brünn 1857, 2. Abt., p. 83.

Digitized by Google

Untersucht man den fahlgelben Schleim unter dem Mikroskop, so sieht man eine homogene Masse, worin stark lichtbrechende Tröpfchen eingelagert sind. Von Zellen ist keine Spur vorhanden. Die ganze Schleimschicht ist gleichartig.

Tingieren wir nun mit Chlorzinkjod oder Jodtinktur und Schwefelsäure, so erhalten wir eine gelbe bis braune Färbung.

Methylenblau färbt sehr stark und lebhaft blau. Kongorot färbt ebenfalls sehr gut und haltbar. Dieses Verhalten des Farbstoffes stimmt überein mit den Angaben Heinricher's[1] und Chalon's,[2] wonach sich mit Kongorot, welches sonst als typisches Tinktionsmittel für Zellulose gilt, auch Pektinstoffe, Kallose, verholzte und verkorkte Zellwände tingieren.

Safranin färbt ebenfalls. Korallinsoda läßt sich wieder gänzlich entfernen. Dagegen färbt Anilinblau sehr stark, ohne sich beim Waschen zu entfärben.

Alle diese Färbungen halten sich einige Zeit in 1 bis 2 % Borsäure, schwinden dagegen rasch in Säuren, Glyzerin und selbst in Alkohol.

Rutheniumrot gibt eine starke und äußerst haltbare Tinktion, die auch durch tagelanges Waschen kaum vermindert werden kann.

Der Schleim von *Loranthus* gerinnt in Bleiacetat und ist optisch inaktiv.

In Wasser quillt er rasch auf, zerfällt in Flocken und löst sich ein wenig auf; versetzt man eine klare Lösung desselben mit Alkohol, so fällt ein schwacher Niederschlag heraus. Auch in Kupferoxydammoniak, Kalilauge, Oxalsäure löst er sich auf. Das Verhalten zu ersterem Lösungsmittel ist keine Besonderheit, da nach Frank[3] auch Plantagoschleim darin löslich ist; dagegen ist Leinsamenschleim darin unlöslich. Und doch sind beide Pektoseschleime. Vielleicht sind unter den Pektoseschleimen zwei Modifikationen anzunehmen, ähnlich wie sie Husemann[4] für den Schleim von *Cydonia* anführt.

---

[1] Heinricher, Zeitschr. f. wiss. Mikrosk., Bd. V, 1888, p. 343.

[2] Chalon, Bull. de la Soc. Bot. de Belgique, T. LXXXVII, 1898, p. 79.

[3] Frank, Über die anat. Bedeutg. u. d. Entsthg. d. veget. Schleime, Pringsh. Jahrb. 5, p. 161 ff.

[4] Husemann, Die Pflanzenstoffe, Bd. I, Berlin 1882.

Digitized by Google

Die Löslichkeit des Fruchtschleimes von *Loranthus* in Kalilauge und Oxalsäure kongruiert mit den Angaben Wiesner's,[1] laut welchen Pektinstoffe in diesen Mitteln löslich sind. Die Oxalsäure muß aber konzentriert sein. Aus den Lösungen fällt Alkohol einen Niederschlag, der alle Reaktionen und Eigenschaften des Schleimes zeigt.

Die angeführten Reaktionen zeigen, daß der Fruchtschleim von *Loranthus europaeus* ein Pektoseschleim ist.

Die früher erwähnten, stark lichtbrechenden Tröpfchen im Schleime färben sich mit Jodverbindungen tiefrotbraun, mit Sudan III eigentümlich gelbrot, mit Alkannatinktur rosarot, mit Osmiumsäure grau bis schwarzgrau. Sie lösen sich vollkommen in Benzol und Schwefelkohlenstoff. Es sind also Tropfen einer fett- oder wachsartigen Substanz.

Es scheinen Beziehungen zwischen den einzelnen Schleimen und den Gummisubstanzen zu bestehen. Denn nach Kirchner[2] zerfallen die verschiedenen Schleime beim Kochen mit 1·25% Säure in Zellulose und Gummi, welches letztere bei fortgesetztem Kochen in Zucker übergeht. Nur die Art des Zerfalles und die Quantitäten der Zerfallprodukte ist bei verschiedenen Schleimen verschieden. »Der Pflanzenschleim ist also ein glycosid- oder ätherartiger Körper aus Zellulose und Gummi.« (Kirchner.) Auch das früher erwähnte Verhalten von Gummi gegen Salpetersäure ist ähnlich dem Verhalten der echten Schleime Tschirch's.

Die Ergebnisse sind also: Der Schleim von

	Viscum färbt sich in der		*Loranthus*
mit:	äußeren	inneren Schichte	färbt sich
Chlorzinkjod	violett	gelb bis braun	gelb bis braun
Jod + Schwefelsäure ..	blau	gelb	gelb
Methylenblau.....	farblos	blau	blau
Kongorot	rot	rot	rot
Rutheniumrot	schwach rosa	rosa	rosa
Korallinsoda	nicht	nicht	nicht
Safranin	nicht	rot	rot

[1] Wiesner, Untersuch. über das Auftreten v. Pektinst. in der Runkelrübe. Sitzb. der kais. Akad. d. Wiss. in Wien, L, Abt. II, 1864.

[2] Kirchner, Untersuch. über Pflanzenschleim, Göttingen 1874. Zitiert nach Vogl, Kommentar zur österr. Pharmakopöe. Wien 1892, p. 549.

Digitized by Google

In Betreff der Löslichkeit:

in:	*Viscum* ist in der äußeren Schichte	*Viscum* ist in der inneren Schichte	*Loranthus* ist
Kupferoxydammon ...	löslich	löslich	löslich
Kalilauge	löslich	löslich	löslich
konz. Oxalsäure	unlöslich	löslich	löslich
Wasser.....	nicht nachweisbar	schwach löslich	schwach löslich

Der Schleim ist also: Zellulose-, Pektose-, Pektoseschleim.

(Nachtrag: Giordana[1] entdeckte jüngst südamerikanische Loranthaceen mit Kautschuk bis zu 20% an Stelle des Schleimes, welch ersterer der Viscinschicht von *Viscum* entspricht.)

Wie wir gesehen haben, besteht die Schleimschichte der Frucht von *Viscum* aus zwei verschiedenen Schleimarten. Zur Erklärung dieser Tatsache erschienen mir zwei Gesichtspunkte berücksichtigungswert: 1. Welche Aufgabe fällt dem Schleim beim Keimungsprozesse zu? 2. Hat er eine Aufgabe bei der Verbreitung zu erfüllen?

Wiesner[2] widerlegte die Angabe Quérin's,[3] wonach der Schleim von *Viscum album* für die Keimung unentbehrlich sei. Wiesner zeigte, daß der Schleim nicht nur nicht notwendig ist, sondern geradezu keimungshemmend wirkt, wodurch sich der merkwürdige Keimverzug der Samen von *Viscum album* erklärt. Er schreibt diese hemmende Wirkung Stoffen zu, welche im frischen Schleim enthalten sind und die Keimung verhindern, im Frühjahre aber aus dem Schleime verschwinden. Verschiedene Versuche, die ich mit verschiedenen Schleimen anstellte, lassen vermuten, daß außerdem auch noch der durch den Schleim bewirkte Sauerstoffabschluß eine der Ursachen der Keimungshemmung sei.

Zu den Versuchen benützte ich den Schleim von *Cydonia*, *Plantago Psyllium*, *Lepidium sativum*, *Viscum* und *Salep*. Ich

---

[1] O. Warburg, Die Kautschukmisteln. Der Tropenpflanzer, 9. Jahrg., Nr. 11, Nov. 1905, p. 633 ff.

[2] Wiesner, Über Ruheperiode u. Keimbeding. von Viscum alb. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. Jahrg. 1897, XV, Heft 10.

[3] Quérin, Bull. de la Soc. Linnéenne de Normandie, Ser. IV, Vol. VI.

Digitized by Google

ließ Kressesamen frei auf feuchtem Papier, auf Schleim und in Schleim eingebettet unter sonst gleichen Verhältnissen keimen. Im ersten Falle keimten sie schon nach 30 bis 36 Stunden, im zweiten Falle in 3 bis 5 Tagen, im dritten Falle aber im Schleim von *Plantago Psyllium* noch nicht einmal nach 12 Tagen, in dem von *Lepidium* noch nicht nach 10 Tagen. Die Keimung wurde durch den Schleim gänzlich verhindert. Dagegen konnte ich bei Anwendung einer dünnen Gallerte von Cydoniaschleim oder Salep keine Verzögerung bemerken, was wohl der Fall wäre, wenn lösliche, keimungshemmende Stoffe in größerer Menge im Schleim enthalten wären. Hier dürfte also der durch den Schleim bewirkte Sauerstoffmangel wenigstens eine Ursache der Keimungshemmung sein.

Daß Schleim für Luft gar nicht oder nur äußerst wenig durchgängig ist, zeigen meine Diffusionsversuche. In eine zirka 1 *m* lange Glasröhre von 5 bis 6 *mm* innerer Weite wurde Wasser 80 bis 85 *cm* emporgesaugt und am oberen Ende mit Schleim luftdicht verschlossen. Trotz des ziemlich starken auf dem Schleime lastenden Druckes blieb die Höhe der Wassersäule so lange konstant, bis der Schleim eingetrocknet war. Dies währte bei Plantagoschleim 14 Tage, bei Salep 18 Tage, bei Viscinschleim 16 Tage etc.

Kleine Fläschchen wurden mit Indigoküpe gefüllt, hierauf, wie oben, mit Schleim verschlossen. Die Küpe, welche in Fläschchen ohne Schleimverschluß war, verlor ihre schön weingelbe Farbe in 2 bis 3 Tagen. In den verschlossenen Fläschchen erst, nachdem der Schleim vertrocknet war. So bei Verschluß mit Plantagoschleim nach 12, mit Viscin nach 14 Tagen.

Grüne Kristalle von Ferrosulfat wurden auf einem Uhrglase in Schleim eingebettet, andere feucht der freien Einwirkung der Luft ausgesetzt. Während letztere nach 4 bis 5 Tagen schon ganz braun geworden waren, blieben die in Plantagoschleim eingebetteten noch nach 10 Tagen vollkommen grün. Ähnliche Resultate erzielte ich auch mit den anderen Schleimen.

Diese Versuche zeigen mit Gewißheit, daß die Schleime für Luft, somit auch für Sauerstoff, zum mindesten nur äußerst schwer und langsam diffusibel sind, so daß die Annahme,

Digitized by Google

daß der Sauerstoffmangel eine Ursache der Keimungshemmung sei, doch einige Berechtigung hat.

Allerdings läßt sich, wenn man den Sauerstoffmangel als Ursache der Keimungshemmung ansieht, nicht leicht die Tatsache erklären, daß in völlig intakten Früchten sich die Hypocotyle im Frühjahre (April-Mai) hervorstrecken, trotzdem sie vom Schleime völlig umgeben sind (Kronfeld [1]).

Wiesner [2] sagt, daß der Schleim gegen den Frühling seine Klebrigkeit einbüßt und die keimungshemmenden Stoffe verschwinden. Vielleicht bewirkt die Abnahme der Klebrigkeit leichteren Sauerstoffzutritt, so daß sich der erwähnte Vorgang auf diese Weise erklären ließe.

Daß tropische Loranthaceen keine Ruheperiode durchmachen, obwohl sie ebenfalls von einer, wenn auch geringen Schleimschicht umhüllte Samen haben, läßt sich erklären durch Mangel an Hemmungsstoffen oder aber durch den hygrophylen Charakter dieser Gewächse, indem der Schleim durch heftige Regengüsse weggewaschen wird. *Viscum album* dagegen ist im Keimungsstadium ein Xerophyt (Wiesner [3]). Die Annahme, daß der Schleim von *Viscum album* als Wasserspeicher diene, wird hinfällig durch die Untersuchungen L. Linsbauer's [4], wonach der Viscinschleim nur schwach hygroskopisch ist.

Die Ruheperiode, die man unter den günstigsten Bedingungen auf $^1/_6$ verkürzen kann (Wiesner [3]), stellt sich uns als eine durch Anpassung erworbene erbliche Eigenschaft dar (Wiesner).

Als eine weit wichtigere Ursache für das Vorhandensein der beiden Schleimarten in der Frucht von *Viscum* glaube ich die Anpassung der Beeren an die Verbreitung durch Vögel erachten zu dürfen. Eine Anpassung ist es, wenn *Viscum*, dessen weiße Beeren im Winter im Schnee nicht zu sehen

[1] Kronfeld, Zur Biologie der Mistel. Biolog. Zentralbl., VII, Nr. 15, 1887, p. 449 ff.

[2] Wiesner, Über die Ruheperiode etc. von *Viscum*.

[3] Wiesner, l. c. und Biologie der Pflanzen, Wien 1902, p. 55 Anm. und p. 102.

[4] Wiesner, Pflanzenphys. Mitteilg. aus Buitenzorg. IV. Sitzb. der kais. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. CIII, Abt. I, 1894.

Digitized by Google

wären, immergrün ist, *Loranthus* mit seinen gelben Früchten aber im Herbste sein Laub abwirft.

Daß eine ausgiebige Verbreitung der Leimmistel nur durch Vögel erfolgt, sagen Kerner[1] und Kronfeld[2]. Wohl zeigt letzterer, daß durch das Fallen der Beeren von Ast zu Ast ein Ankleben derselben erfolgen kann, was er durch Experimente bestätigte. Doch ist diese Art der Verbreitung nur auf dem Baume, auf welchem die Mutterpflanze lebt, möglich oder höchstens auf einem kleinen benachbarten Gebiet. Für die weitere Verbreitung sorgen aber verschiedene Vögel. Sie säen den Samen aus, indem sie den Schleim fressen, den Kern aber an den Ästen abstreifen, oder aber verzehren sie die ganze Frucht und werfen den Kern mit dem Gewölle oder den Fäces wieder aus. Da erscheint nun die Einrichtung der Frucht, daß die äußere Schleimschichte vornehmlich aus Zellulose-, die innere aus Pektoseschleim besteht, höchst zweckmäßig. Denn Zellulose ist verdaulich. Neumeister[3] sagt, daß dieselbe zwar von den Verdauungssekreten nicht verändert wird, jedoch durch bakterielle Einflüsse zum mindesten teilweise gelöst wird. Bei Pflanzenfressern wird ein bedeutender Bruchteil von verfütterter Zellulose in den Fäces nicht nachweisbar. Hofmeister's[4] Versuche mit undesinfizierter Darmflüssigkeit von Pferden zeigten, daß durch dieselbe bis 78% Zellulose gelöst wird. Daß mit Zelluloseschleim dasselbe geschieht, gibt Voit[5] an. Danach wird bei Fütterung von Hunden mit Salep der Schleim größtenteils resorbiert. In den Exkrementen gelingt der Nachweis desselben nicht.

Anders verhalten sich Pektinsubstanzen. Diese sind sehr schwer verdaulich. Neumeister[6] lehrt, daß Pentaglukosen oder Pentosen oder deren Muttersubstanzen, die sogenannten

---

[1] Kerner v. Marilaun, Pflanzenleben, I. Bd. Leipzig und Wien 1896, p. 196.

[2] Kronfeld, l. c.

[3] Neumeister, Lehrb. der physiol. Chemie, Jena 1897, p. 289.

[4] Hofmeister, Über Zelluloseverdauung beim Pferde, Arch. f. wiss. u. prakt. Tierheilk., Bd. 11, 1885, Heft 1 u. 2.

[5] Voit, Zeitschr. f. Biologie, *10*, 59, 1874.

[6] Neumeister, l. c. p. 782.

Digitized by Google

Pentosane (Pektinstoffe, Pflanzengummi) von Organismen nur sehr unvollkommen resorbiert werden. Ebenso sagt Wiesner[1], daß Pentaglukosen schwer zersetzbar sind und unverändert in den Harn übergehen.

Daß die innere Schleimschichte aus Pektoseschleim besteht, wird wohl den Zweck haben, daß der für den Samen als Keimungsschutz notwendige Schleimüberzug infolge seiner Unverdaulichkeit erhalten bleibt, während die Zelluloseschichte, obwohl sie ebenfalls keimungshemmend wirkt, den Vögeln als Nahrung dient. Würde dieser Keimungsschutz nicht vorhanden sein, so könnten die Samen schon anfangs Januar zu keimen beginnen, da die zur Keimung nötige Wärme (+8 bis 10° C.) um diese Zeit manchmal vorhanden ist. Ein darauf folgender Frost würde aber dann die ganze Generation vernichten (Wiesner).

Bei Vögeln, die den Schleim ablösen und die Kerne mit dem Schnabel abstreifen, verhindert die Pektoseschleimschicht wohl auch die Verletzung des Samens durch den Schnabel. Denn, wäre nur Zelluloseschleim vorhanden, würde der Vogel beim Ablösen des Schleimes auch den Samen verletzen.

Andere Vögel verzehren den Samen samt dem Schleime. Der Kern selbst wird aber mit dem unverdauten Pektoseschleim entweder mit dem Gewölle oder den Fäces ausgeworfen. Immer bleibt aber infolge der Unverdaulichkeit der Pektoseschicht ein Schleimbelag um den Kern erhalten.

Hier liegt also eine Anpassung der Frucht an die Verbreitung durch Vögel vor, ähnlich wie zum Beispiel bei *Taxus baccata*, deren Früchte ja auch an die Verbreitung durch Vögel angepaßt sind, indem der rote Arillus nicht giftig und genießbar, der Same dagegen infolge seiner Giftigkeit ungenießbar ist.

Da bei *Loranthus* die Schleimschichte nur aus schwer verdaulichem Pektoseschleim besteht, werden wohl die massenhaft vorhandenen Fettröpfchen zur Nahrung der Vögel dienen, da die Loranthusbeeren bei ihrer Verbreitung ebenfalls auf Vögel angewiesen sind.

---

[1] Wiesner, Anatom. u. Physiol. d. Pflanzen, Wien 1898, p. 210 Anm.

Digitized by Google

Überblicken wir nun die gewonnenen Resultate, so ergibt sich folgendes:

1. Der Schleimkomplex der Frucht von *Viscum album* besteht aus zwei verschiedenen Schleimarten:. einer Zelluloseschleimschicht, welche vornehmlich die äußere, und einer Pektoseschicht, welche die innere Schleimschicht bildet. Tröpfchen einer fett- oder wachsartigen Substanz sind in geringer Menge vorhanden.

2. Der Schleim von *Loranthus europaeus* ist gleichartig und besteht nur aus Pektoseschleim, in welchem massenhaft Fettröpfchen suspendiert sind.

3. Beide Schleimarten wirken keimungshemmend. Ursache davon sind keimungshemmende Stoffe (Wiesner) und wahrscheinlich nebenbei auch der durch die Undurchdringlichkeit des Schleimes für Sauerstoff bedingte Ausschluß der Atmung, welche aber ein Erfordernis der Keimung bildet.

4. Die Teilung des Schleimes von *Viscum* in eine äußere, verdauliche Zelluloseschicht und eine innere, unverdauliche Pektoseschicht erscheint als eine Anpassung der Früchte an die Verbreitung durch Vögel.

5. Bei der Frucht von *Loranthus* dürften die zahlreichen Fettröpfchen den die Früchte verbreitenden Vögeln als Nahrung dienen, da der Schleim als Pektoseschleim schwer resorbierbar ist.

Es sei mir nun gestattet, Herrn Hofrat Professor Dr. J. Wiesner für seine so überaus wohlwollende und werktätige Unterstützung und Förderung vorliegender Arbeit meinen ergebensten Dank aussprechen zu dürfen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Beiträge zur Anatomie des Holzes der Kompositen

von

Paula Brezina.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Wiener Universität.

(Mit 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. Februar 1906.)

Nicht bloß für die Artcharakteristik, sondern auch für die Charakteristik anderer systematischer Einheiten, insbesondere der Pflanzenfamilien ist die innere Struktur von großer Bedeutung, und es gebührt Radlkofer und seiner Schule, namentlich Solereder das Verdienst, auf diesem Gebiete weitgehende Forschungen von Wichtigkeit angestellt zu haben.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag liefern zur Anatomie des Holzes der Kompositen. Herr Hofrat Wiesner betraute mich mit der Aufgabe, nach dieser Richtung Untersuchungen vorzunehmen und unterstützte mich bei meinen diesbezüglichen Studien fortwährend, wofür ich demselben an dieser Stelle meinen ergebensten Dank ausdrücke.

Auch Herr Prof. v. Wettstein förderte meine Bestrebungen dadurch, daß er mir lebendes Material aus dem botanischen Garten zur Verfügung stellte, weshalb mir gestattet sei, demselben gleichfalls wärmstens hiefür zu danken.

Das Material zu meiner Arbeit hatte Herr Hofrat Wiesner zum großen Teile im Jahre 1904 aus Amerika, und zwar aus dem Yellowstonegebiete mitgebracht. Es sind dies die von ihm selbst gesammelten Spezies: *Artemisia tridentata*, *A. gnaphalodes* und *Bigelovia* sp., ferner folgende von Aven Nelson, Professor in Laramie, gesammelten Kompositenhölzer: *Chrysothamnus pulcherrimus fasiculatus*, in der Ebene von Alaska sehr

Digitized by Google

verbreitet; *Ch. lanceolatus* aus derselben Gegend, in großen Mengen am Fuße steiniger, freiliegender Hügel vorkommend; *Ch. linearis*, auf sandigen, kiesbedeckten Bänken längs des Yellowstone-Sees sich findend; *Artemisia cana*, in der Nähe der »Cascade Creek« an trockenen Abhängen vorkommend.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute erhielt ich nachfolgende Spezies: *Eupatorium arboreum*, *E. adenophorum* (lebende Stämme), *Verbesina arborea* und *Rudbeckia glutinosa*.

Teils aus dem botanischen Garten, teils aus der Umgebung von Wien stammen folgende Arten, von denen mir fast durchwegs lebendes Material zur Verfügung stand: *Eupatorium bogotense*, *E. ianthinum*, *E. cannabinum*, *E. Weinmannianum*; — *Aster carolinianus*, *A. rotundifolius*, *A. subcoeruleus*, *Baccharis* sp., *Felicia caffrorum*. — *Inula ensifolia*, *Cassinia leptophylla*, *Helichrysum eximium*, *H. Newii*; — *Helianthus uniflorus*, *H. divaricatus*, *Silphium ternatum*, *Montanoa pinnatifida*, *Verbesina gigantea*. — *Helenium Hoopesii*. — *Achillea collina*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Ch. Leucanthemum*, *Ch. pinnatifidum*, *Ch. indicum*, *Artemisia afra*, *A. arborescens*. — *Senecio Petasitis*, *S. glaucophylla*, *S. ficoides*, *S. articulatus*, *S. Sarracenicus*, *S. Jacquinianus*, *Gazania splendens*, *G. uniflora*. — *Jurinea mollis*, *Cirsium rivulare*, *Centaurea Scabiosa*, *C. Cyanus*, *C. Rhenana*, *C. axillaris*. — *Crepis biennis*, *Hieracium speciosum*, *H. umbellatum*, *Leontodon hispidus*, *Tragopogon pratensis*, *Scorzonera hispanica*, *Mulgedium prenanthoides*. — *Chamaepeuce stellata*.

Wie bekannt, sind die meisten der bei uns vorkommenden Kompositen Kräuter, doch gibt es auch in unseren Gegenden, namentlich aber in tropischen Ländern ausdauernde Spezies dieser Familie, Stauden und Sträucher und in den Tropen auch Bäume. Es bilden die Kompositen beispielsweise in manchen Gebieten der neuen Welt vorherrschende Bestandteile der Wälder.

In der vorliegenden Arbeit beziehe ich mich hauptsächlich auf die unten angeführten Werke.[1]

---

[1] *a*) Solereder, Systematische Anatomie der Dikotyledonen, Stuttgart 1899, p. 524 ff.; *b*) Solereder, Holzstruktur, München 1885; *c*) Sanio, Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers, Bot. Ztg. 1863; *d*) Sanio, Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung

Digitized by Google

Ohne Zweifel weisen die Kompositen einen deutlich ausgeprägten gemeinsamen Typus im anatomischen Bau ihres Holzes auf, nichtsdestoweniger entstehen oft sehr große Abweichungen von dieser Gesetzmäßigkeit in der Struktur dadurch, daß sich die Pflanze entweder bestimmten physiologischen Funktionen angepaßt hat oder daß eine ökologische Anpassung an gewisse, durch Klima oder Standort bedingte Verhältnisse stattgefunden hat.

Man muß also spezifische Charaktereigenschaften von jenen unterscheiden, die sich als Anpassungen zu erkennen geben.

Diese Anpassungen äußern sich oft schon im ganzen Habitus der Pflanze. So gibt es beispielsweise unter den Kompositen kräftig hoch emporwachsende Lianen. Solche finden sich namentlich unter den amerikanischen Vertretern dieser Pflanzenfamilie und gehören den Gattungen *Mikania*, *Salmea*, *Proustia*, *Mutisia* und *Senecio* an.

Auch sukkulente Pflanzen trifft man unter den Kompositen an. Zu diesen zählen *Anteuphorbium* und einige andere aus der Untergattung *Kleinia*; fleischige Blätter besitzen auch *Inula crithmoides*, *Othonna-* und *Euryops*-Arten.

Wir kennen die spezifischen anatomischen Charaktere der Lianen und der Sukkulenten. Wenn wir dieselben bei den kletternden oder sukkulenten Kompositen finden, so sind dies eben anatomische Anpassungsformen, auf die wir im folgenden keine Rücksicht nehmen, sondern bloß auf jene anatomischen Bildungen, die uns als spezifische Charaktereigenschaften des Holzes der Kompositen erscheinen. Wir erkennen, daß dieselben erblich festgehalten werden, also als angeborene Eigenschaften sich darstellen. Freilich soll damit nicht gesagt sein, daß dieselben, phylogenetisch betrachtet, nicht auch erworben worden sein konnten. Aber in diesem Falle wären es Eigenschaften, welche vor Generationen erworben wurden, deren Zusammenhang mit ehemals wirkend gewesenen Ursachen nicht mehr klar und unzweideutig, wie etwa bei Sukkulenten und Lianen, erkennbar ist. Indeß werde ich in einzelnen

des Holzkörpers, Bot. Ztg. 1863; *e*) De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne, Leipzig 1877.

Digitized by Google

Fällen im nachfolgenden, nämlich dort, wo eine diesbezügliche Aufstellung erlaubt erscheint, versuchen, darzulegen, welche Ursachen bei dem Zustandekommen dieser Bildungen tätig gewesen sein mochten, so zum Beispiel bei Besprechung der rudimentären und funktionslosen Markstrahlen von *Eupatorium adenophorum*.

Zunächst untersuchte ich eine Anzahl krautiger Kompositen und fand bei jenen Formen, die krautig bleiben, beispielsweise bei *Leontodon hispidus, Chrysanthemum Leucanthemum, Mulgedium prenanthoides*, ferner bei Arten der Gattung *Gazania* keine Spur eines Interfaszikularkambiums vor. Dagegen zeigt sich bei jenen Formen, die später verholzen, schon in den frühesten, noch krautigen Entwicklungsstadien ein deutliches Interfaszikularkambium (Fig. 10, *c'*), so zum Beispiel bei *Eupatorium cannabinum*, das einer Gattung mit zahlreichen verholzten Formen angehört, ferner bei *Centaurea Rhenana, Inula ensifolia, Helianthus divaricatus, Hieracium speciosum, Silphium ternatum* u. a. m.

Bei einigen Spezies, so bei *Hieracium umbellatum, Achillea collina, Centaurea axillaris, Helianthus uniflorus* finden sich Andeutungen eines Interfaszikularkambiums, indem sich in einzelnen Zellen über den Holzmarkstrahlen in der Region, welche bei Holzgewächsen dem Kambium entspricht, Teilungswände zeigen. Es ist also hier offenbar die Tendenz zur Bildung eines Interfaszikularkambiums, somit zur Umwandlung einer krautigen Pflanze in ein Holzgewächs vorhanden.

In allen beobachteten Fällen aber werden die Gefäßbündel der Kompositen getrennt angelegt und sind fast ohne Ausnahme kollateral. Bei *Centaurea Rhenana* treten als rindenständige Gefäßbündel[1] solche auf, die der Anordnung von Xylem und Phloëm zufolge den konzentrischen zuzurechnen sind.

I. Phloëm der Gefäßbündel.

Sehr häufig finden sich an der Außenseite des Phloëms mächtig entwickelte Bastbündel; in einigen Fällen kann man Bast auch an der Innenseite der Gefäßbündel, dem Mark zuge-

[1] Über rindenständige Gefäßbündel siehe p. 381.

Digitized by Google

kehrt, beobachten, zum Beispiel bei *Mulgedium prenanthoides*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Centaurea Rhenana* (Fig. 10, *b*). Häufig fehlt der Bast in den Gefäßbündeln vollständig, so bei *Senecio glaucophylla*, *S. ficoides*, *S. articulatus*, *Gazania uniflora* u. a. m.

An Stelle des Bastes finden sich manchmal kollenchymatisch verdickte Zellen im Phloëm, zum Beispiel bei *Senecio Petasitis* (Fig. 1, *cv.*, Fig. 2), *S. Jacquinianus*, *S. Sarracenicus*, *Cirsium rivulare*, *Chamaepeuce stellata*, *Eupatorium cannabinum*. Schumann[1] erwähnt das Vorkommen von kollenchymatischen Zellen an Stelle der Bastfasergruppen bei *Silphium Hornemanii*.

Schon in Schwendeners[2] »Mechanischem Prinzip« wird das Vorkommen kollenchymatisch verdickter Elemente im Phloëm der Gefäßbündel mancher Pflanzen erwähnt. Schwendener sagt, daß die Wandungen des Kollenchyms sehr weich und quellungsfähig seien, und gibt ferner an, daß sich manchmal in späteren Entwicklungsstadien einzelne Zellen nach Art der Bast- und Libriformzellen ausbilden, indem sie eine derbere Membran von gleichmäßiger Dicke mit zahlreichen linksschiefen Poren erhalten; als Beispiel hiefür führt er *Tecoma radicans* an. Solche Zellen fallen schon durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen im Querschnitte auf.

Schwendener sagt ferner, daß sich eine ähnliche Umwandlung im Phloëm der Gefäßbündel mancher Pflanzen, zum Beispiel bei *Astragalus falcatus* und *Eryngium planum*, vollziehe. Er führt an, daß der junge Bast bei diesen Pflanzen geradezu kollenchymatisch sei und daß sich erst später aus diesem Kollenchym die eigentlichen Bastzellen gleichsam »herausmodellieren«.

Es findet also Übergang von Kollenchym in Bast durch eine Art nachträglicher Metamorphose statt. Das Kollenchym bildet sozusagen das provisorische Gerüst während des Aufbaues der Zellen.

---

[1] Schumann, Beitrag zur Anatomie des Kompositenstengels, Bot. Zentralblatt, Bd. XLI, 1890, p. 193.

[2] Schwendener, Das mechanische Prinzip, Leipzig 1874, p. 5.

Digitized by Google

Daß die Kollenchymzellen, deren Wachstumsfähigkeit und Dehnbarkeit lange erhalten bleibt, die mechanischen Elemente noch wachsender Pflanzenteile sind, zeigten Ambronn's[1] Untersuchungen. Als Festigkeitselemente von Organen, die ihr Längenwachstum bereits beendigt haben, fungieren nach seinen Angaben dagegen Libriform- und Bastelemente, die zumeist nach kurzer Zeit absterben.

In jenen Fällen, die kollenchymatisch verdickte Elemente im Phloëm aufweisen, tritt, wie Schwendener sagt, aber nicht immer eine durchgreifende Umwandlung des Kollenchyms zu Bast ein; es bleiben vielmehr oft einzelne Kollenchymzellen unverändert, werden jedoch durch den Druck der Bastzellen unregelmäßig komprimiert und verzerrt. Diese Erscheinung läßt sich bei *Eupatorium bogotense* und bei *Verbesina gigantea* beobachten, wo sich neben deutlich ausgebildetem Bast an der Innenseite des Phloëms, dem Xylem zugewendet, kollenchymatisch verdickte Zellen finden.

Wo sich im Phloëm der Kompositen kollenchymatische Elemente zeigen, tritt bei Behandlung mit Phloroglucin + Salzsäure bloß ein starkes Aufquellen der Membranen jener Elemente ohne Färbung derselben ein. Behandelt man ein derartiges Präparat dagegen mit Chlorzinkjod, so färbt sich die Wandsubstanz des Kollenchyms violett. Eine hellblaue Färbung, wie sie De Bary[2] als charakteristisch für die Wandsubstanz des Kollenchyms bei Behandlung desselben mit diesem Reagens angibt, konnte ich bei dem von mir untersuchten Material in keinem Falle nachweisen.

In einigen Fällen treten im Phloëm der Kompositen stark verdickte, tangential abgeplattete, mit quellbaren Wänden versehene Elemente auf. Man kann dies beispielsweise bei *Artemisia arborescens* und *Rudbeckia glutinosa* beobachten, in welch letzterem Falle die Membranen dieser Elemente, welche die äußersten Teile des Phloëms bilden, auch stark aufgequollen sind.

---

[1] Ambronn, Pringsheim's Jahrbuch für wiss. Bot., XII (1881).

[2] De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne, Leipzig 1877, III, p. 127.

Digitized by Google

Es sind dies dieselben Elemente, welche De Bary[1] bei einigen anderen Pflanzengattungen angetroffen hat. Er erwähnt zum Beispiel, daß in den primären Bündeln der Koniferen, speziell der Blätter, und in den Bündeln des Blattes von *Welwitschia* der Querschnitt des Phloëms Reihen gleichartiger Elemente mit weichen, stark quellbaren Membranen aufweise, die zum Teil Siebröhren, zum Teil Kambiformzellen seien. Er erklärt ferner, daß die äußersten, erstentwickelten Elemente des Phloëms (Protophloëm Russow's) von den folgenden sich oft unterscheiden durch geringere Weite und dickere, anscheinend gelatinöse Wände; ihrer Qualität nach seien sie jedoch teils Siebröhren, teils Kambiformzellen. In stärkeren Bündeln nun werden diese Elemente infolge der Dehnung ihrer Umgebung nicht selten von innen nach außen zusammengedrückt unter anscheinender Quellung ihrer Wände und bis zur Obliteration ihrer Lumina.

II. Xylem der Gefäßbündel.

Was den Holzkörper der Kompositen betrifft, so finden sich hier alle jene Elemente vertreten, die Sanio[2] als charakteristisch für den anatomischen Bau des Holzes der Dikotylen anführt.

Es lassen sich also nachweisen: Holzparenchym und Ersatzfasern, ferner die beiden nach Sanio dem bastfaserähnlichen System angehörigen Elemente, nämlich ungeteilte Libriformfasern und gefächerte, welch letztere allerdings nur für bestimmte Gruppen in der Familie der Kompositen, beispielsweise für die Gattungen *Eupatorium*, *Senecio* und *Verbesina*, charakteristisch sind. Endlich finden sich im Holzkörper der Kompositen auch noch die beiden dem trachealen System angehörigen Elemente, nämlich Gefäße und Tracheiden.

Der Querschnitt durch den Stamm der Kompositen zeigt in den meisten Fällen einen von Markstrahlen durchzogenen Holzkörper, in welchem die Gefäße verschiedenartige Anord-

[1] De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne, Leipzig 1877, III, p. 337.

[2] Sanio, Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers, Bot. Ztg. 1863.

Digitized by Google

nung aufweisen können. Sie treten bisweilen isoliert auf, zum Beispiel bei *Rudbeckia glutinosa,* oder sie stehen in kleinen Gruppen oder kurzen, radialen Reihen, wie bei *Eupatorium arboreum* und *E. adenophorum.* Manchmal ist die Orientierung dieser Elemente eine ganz eigentümliche. Es vereinigen sich nämlich die mechanischen Zellen, die dann gewöhnlich sehr zahlreich entwickelt sind, ohne häufig durch Gefäße unterbrochen zu werden, zu tangentialen, breiten Streifen, auf welche die Gefäße folgen, die gleichfalls zu breiten Binden vereinigt erscheinen. Eine solche Anordnung zeigt sich bei *Artemisia cana, A. gnaphalodes, Chrysothamnus pulcherrimus fasiculatus* und *Bigelovia.*

Bei strauch- und baumartigen Kompositen tritt uns sehr häufig deutliche Jahrringbildung entgegen, so zum Beispiel bei *Baccharis, Artemisia tridentata, A. gnaphalodes* und *Bigelovia.* In den genannten Fällen ist das Frühholz durch eine reichere Anzahl von Gefäßen dem Spätholz gegenüber charakterisiert; auch besitzen die Gefäße des ersteren ein bei weitem größeres Lumen als die letzteren. Außerdem sind die Elemente des Frühholzes gewöhnlich dünnwandiger als die des Spätholzes, was um so mehr ins Auge fällt, als im Spätholz die radialen Durchmesser meist stark verkürzt sind, so daß tangentiale Abplattung der Elemente hervorgerufen wird

Bei *Artemisia tridentata*, einer Pflanze, die in verschiedener Hinsicht vom normalen Typus abweicht, kann man am Querschnitt, an der Jahrringgrenze mehrreihige Züge weitlumiger Elemente (Fig. 7, *hp*) beobachten, die sich am radialen Längsschnitt ihrer Gestalt nach als Holzparenchymzüge zu erkennen geben (Fig. 8, *hp*). Bei Behandlung mit Phloroglucin und Salzsäure färbt sich die Mittellamelle dieser Elemente rot, ist also verholzt.

Bei *Eupatorium adenophorum* treten, wie bereits Michael[1] erwähnt, Jahrringe kaum hervor. Der Mangel einer Vegetationsruhe, der diese Pflanze in der Tat kennzeichnet, offenbart sich eben in dieser sehr schwach oder gar nicht ausgeprägten Jahrringbildung. *Eupatorium adenophorum* hat tatsächlich keine

[1] Michael, Holzanatomie der Kompositen etc., Diss., Leipzig 1885, p. 14.

Digitized by Google

eigentliche Vegetationsruhe, es findet kein periodisches Abwerfen des Laubes statt. Diese Erscheinung läßt sich biologisch dadurch erklären, daß bei dieser Pflanze, die sehr langgestreckte, nach aufwärts gerichtete Zweige besitzt, die älteren Blätter durch die jungen, neu entstandenen im Assimilationsgeschäft nicht behindert werden und infolgedessen keine Notwendigkeit für ein periodisches Abwerfen des Laubes vorhanden ist. Das Laub geht an diesem Holzgewächse nur langsam durch Verwesung zu Grunde, während die Pflanze im übrigen das ganze Jahr mit grünen Blättern besetzt ist.[1] So gehen also die Vegetationsprozesse das ganze Jahr hindurch, und es wird begreiflich, daß das Holz ohne Jahrringbildung sich weiter entwickelt.

Bei den aus den Tropen stammenden baumartigen Kompositen kann im Holzkörper wie bei unseren der Vegetationsruhe unterworfenen Holzgewächsen Zonenbildung beobachtet werden; diese Zonenbildung ist bei tropischen Pflanzen auf verschiedene Ursachen zurückführbar.[2] Sehr häufig kommt es vor, daß die einzelnen Zonen ungleiche Ausbildung erfahren, daß sie beispielsweise nahe dem Zentrum bei weitem schwächer ausgeprägt sind als gegen die Peripherie zu, wo sie häufig deutlich, ja scharf hervortreten. Von Jahrringen kann man bei einer derartigen Zonenbildung nicht sprechen, wohl aber muß ein Wechsel in den äußeren Lebensbedingungen eintreten, um eine derartige Erscheinung hervorzurufen. Bei Bäumen, welche aus Vegetationsgebieten mit jährlicher Ruheperiode stammen und in die Tropen einwanderten oder dort akklimatisiert wurden, kann allerdings eine Jahrringbildung im Holzkörper vorkommen. Es ist dies aber nicht eine durch die klimatischen Verhältnisse bedingte Eigentümlichkeit, sondern eine erblich festgehaltene Eigenschaft.

Eupatorium arboreum, dessen Heimat Ecuador ist, weist deutliche Zonenbildung auf. Am quer durchschnittenen Stamm zeigen sich konzentrische, geschlossene dunkle Ringe. Ein Unterschied in der Zahl und Lumengröße der Gefäße in den

---

[1] Wiesner, Ber. d. Deutschen Bot. Ges. 1905, p. 172 ff.

[2] Siehe Ursprung, Zur Periodizität des Dickenwachstums in den Tropen, Bot. Ztg. 1904.

Digitized by Google

dunkleren und lichteren Partien ist jedoch hier nicht konstatierbar. Es offenbart sich also bei dieser Pflanze kein gesteigertes Bedürfnis nach Vermehrung und Vergrößerung der Leitungsbahnen während einer bestimmten Zeit der Vegetation. Auch zusammenhängendes, holzparenchymatisches Gewebe, wie es beispielsweise bei *Tectona grandis*[1] senkrecht auf den Markstrahlen als ein System feiner weißer Linien auftritt und die Färbung in den lichteren Partien bedingt, konnte bei *Eupatorium arboreum* nicht nachgewiesen werden. Es zeigt sich bloß eine stärkere Verdickung der Elemente in den dunkleren Partien, welche Beobachtungen besonders scharf hervortreten, wenn man eine Färbung des Querschnittes oder Radialschnittes mit Safranin oder einem ähnlichen Farbstoff vornimmt.

Und nun zur Beschreibung der einzelnen Elemente des Holzkörpers, deren charakteristische Eigenschaften uns am Längsschnitte deutlich entgegentreten.

Die Gefäße, deren Anordnung bereits früher besprochen wurde, sind in den meisten Fällen durch doppelte Skulptur ihrer Wände gekennzeichnet; zunächst finden sich an allen Seiten der Gefäße, auch an den an das Holzparenchym angrenzenden, Hoftüpfel (Fig. 5, *h*); außerdem weisen die Gefäßwände meist mehr oder weniger deutliche schraubige Verdickung auf. Es zeigt sich dies bei Arten der Gattungen *Artemisia, Aster, Baccharis, Cassinia, Chrysanthemum, Felicia, Helichrysum, Montanoa, Rudbeckia, Senecio, Verbesina* (Fig. 3, *g*).

Die Hoftüpfel sind elliptisch, mit spaltförmigem Porus, in manchen Fällen stehen sie gekreuzt, so zum Beispiel bei *Aster Carolinianus, Artemisia arborescens, Cassinia leptophylla, Chrysanthemum pinnatifidum, Eupatorium bogotense, Bigelovia.* Die Gefäßperforierung ist bei den Kompositen meist einfach, entweder elliptisch oder kreisrund (Fig. 5 *o*). In einigen Fällen aber ist sie leiterförmig, wie zum Beispiel bei *Eupatorium adenophorum* (Fig. 5, *n*), wo diese Art der Perforation neben kreisrunder auftritt (Fig. 5, *o*). Die Lumengröße der Gefäße ist sehr schwankend. Sie beträgt beispielsweise bei *Eupatorium arboreum* im Mittel 0·045 *mm*, bei *Verbesina arborea* 0·14 *mm*.

[1] Siehe Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches, Leipzig 1873, p. 592.

Digitized by Google

Tracheiden finden sich bei den Kompositen meist in der Nähe der Gefäße (Fig. 3, *tr*), von denen sie sich nur durch geringere Lumengröße und durch den Mangel der Perforation unterscheiden. Wie die Gefäße zeigen auch häufig die Tracheiden mehr oder weniger stark ausgeprägte doppelte Skulptur ihrer Membranen. Neben mit Höfen versehenen Tüpfeln kann man nämlich in zahlreichen Fällen noch schraubige Verdickung beobachten, so zum Beispiel bei *Artemisia cana*, *A. afra*, *Baccharis*, *Chrysanthemum pinnatifidum*, *Cassinia leptophylla*, *Helichrysum eximium*. Die Querwände, die meistens schief stehen, so daß also sogenannte prosenchymatische Verbindung zwischen den Tracheiden stattfindet, zum Teil aber auch horizontal sind, weisen häufig Tüpfelung auf.

Das Holzparenchym ist in den meisten Fällen, um mit Sanio zu sprechen, paratracheal, findet sich also meist in unmittelbarer Umgebung der Gefäße[1] (Fig. 3, Fig. 5, Fig. 6, *hp*). Die bei *Artemisia tridentata* vorkommenden Züge aus Holzparenchym an der Jahrringgrenze wurden bereits p. 374 erwähnt. Die Zellen des Holzparenchyms besitzen einfache Tüpfel in großer Zahl.

Als mechanische Elemente fungieren im Holzkörper der Kompositen in reichlicher Menge entwickelte Libriformfasern (Fig. 3, *l*). Dieselben zeigen prosenchymatische Verbindung und sind, wie schon oben erwähnt, in manchen Fällen zart gefächert. Sie führen Luft und nur sehr selten sind deutliche Protoplasmareste vorhanden. Die Libriformfasern besitzen einfache, schraubig angeordnete Tüpfel, die auf Radialschnitten häufiger zu sehen sind als auf Tangentialschnitten. Diese rundlichen Tüpfel weisen manchmal gekreuzten Porus auf, so zum Beispiel bei *Senecio Petasitis*, *Eupatorium bogotense*, *Chrysanthemum pinnatifidum*, *Artemisia arborescens*, *Helichrysum eximium* u. a. m.

---

[1] J. Moeller, Holzanatomie, in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss. 1876, p. 45, bzw. 341. Charakteristische Abbildungen von paratrachealem (Holz von *Copaifera bracteata*) und metatrachealem Holzparenchym (Holz von *Pterocarpus sectoliens*) finden sich in Wiesner's Rohstoffen des Pflanzenreiches, 2. Aufl., II. Bd., p. 928 und 937, in Schneider's Handwörterbuch der Botanik, Leipzig 1905, p. 301, reproduziert.

Digitized by Google

III. Markstrahlen.

Was auf den ersten Blick am Tangentialschnitt ins Auge fällt, ist die ganz eigentümliche Zusammensetzung der Markstrahlen[1] (Fig. 3, *m*). Die Breite derselben ist für verschiedene Pflanzenspezies verschieden, kann aber selbst bei ein und derselben Pflanze variieren. Es finden sich häufig einreihige Markstrahlen neben mehrreihigen, so zum Beispiel bei *Artemisia arborescens, Baccharis, Chrysanthemum pinnatifidum, Aster Carolinianus.*

Die mehrreihigen nun zeigen ein eigentümliches Bild; sie sind in der Mitte gewöhnlich sehr breit, verschmälern sich gegen die beiden Enden zu und gehen schließlich auf kürzere oder längere Strecken in einreihige über, worauf wieder ein allmählicher Übergang dieser in mehrreihige stattfindet. Die einzelnen Zellen, welche solch einen mehrreihigen Markstrahl zusammensetzen, sind bezüglich ihres Baues sehr different. Die Zellen, welche die Mitte des Markstrahles bilden (Fig. 3, *m*), sind meist von ebenmäßiger Gestalt, manchmal etwas in radialer Richtung gestreckt, also typisch entwickelt, dabei gewöhnlich von geringer Größe. Dagegen zeigen die Zellen, welche das Zentrum des Markstrahles in ein oder mehreren Lagen umgeben, meist bedeutende Größe, ihre Höhe übertrifft bei weitem ihre Länge, sie ähneln in dieser Hinsicht dem Holzparenchym.

Es wechseln, wie man am Radialschnitt sehen kann, liegende Markstrahlzellen mit sogenannten stehenden ab, deren vertikaler Durchmesser bedeutend größer ist als der horizontale.

Solch aufrechte Markstrahlzellen, die nach Kny's Terminologie als Markstrahlpalisaden bezeichnet werden, sind im Pflanzenreich keine allzu häufige Erscheinung. De Bary fand sie bei Asklepiadeen, *Drimys Winteri, Medinilla farinosa.* Auch bei Erikazeen wurden sie beobachtet.[2]

---

[1] Siehe Michael, Holzanatomie der Kompositen etc., Diss., Leipzig 1885, p. 10.

[2] K. Linsbauer, Zur Anatomie der Vegetationsorgane von *Cassiope tetragona.* Don. Aus den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. CIX, Abt. I, November 1900.

Digitized by Google

Was die Skulptur der Membranen betrifft, so kann man an allen Wänden der Markstrahlzellen einfache, unbehöfte Tüpfel beobachten (Fig. 4, *t*.)

In den Markstrahlen eines fünfjährigen Stammes von *Eupatorium arboreum* waren die Zellkerne noch erhalten, was ja im übrigen bei dieser Kategorie von Zellen keine Seltenheit ist.[1]

Als eine Ausnahme von der Regel bezüglich der Markstrahlen sei hier eine wegen ihres merkwürdigen Verhaltens des öfteren schon erwähnte Pflanze genannt, nämlich *Eupatorium adenophorum*. Bereits Michael[2] sagt, daß bei dieser Pflanze die Markstrahlen kaum hervortreten.

In der Tat zeigt uns der Querschnitt einen geschlossenen Holzkörper, in dem man mit Deutlichkeit Markstrahlen nicht wahrnehmen kann. An Längsschnitten dagegen lassen sich Spuren dieses Gewebes nachweisen. Am Tangentialschnitt finden sich nämlich an einigen wenigen Stellen Komplexe von sechseckig gestalteten, in die Länge gestreckten Zellen (Fig. 6, *rm*), die den Eindruck von Markstrahlzellen machen. Es ist in diesem Falle schwer, eine Grenze zu ziehen zwischen Markstrahl- und Holzparenchymzellen, wie denn diese Benennungen überhaupt mehr oder weniger konventionelle sind, da die beiden Zellgattungen bezüglich ihrer Funktionen große Übereinstimmung aufweisen. Beide dienen hauptsächlich der Speicherung stickstoffloser Assimilate, beide auch sind an den Stoffleitungsvorgängen im Holzkörper beteiligt. Überdies zeigen sich auch, was ihre Gestalt betrifft, häufig Übergänge zwischen den beiden Zellgattungen. Sehr hohe, gestreckte Markstrahlzellen nehmen oft fast faserartigen Charakter an. In allen typischen Fällen sind die Markstrahlen von dem Holzparenchym durch ihre Lage verschieden, indem erstere radial verlaufen, letzteres die Tendenz zu tangentialer Anordnung zeigt; aber auch in dieser Beziehung existieren Übergänge. Selbst das metatracheale Holzparenchym ist von dem paratrachealen nicht so scharf unterschieden, daß nicht auch hier Übergänge zu finden wären. So

---

[1] Wiesner, Anatomie und Physiologie der Pflanzen, Wien 1898, p. 25.

[2] Michael, Holzanatomie der Kompositen etc., Diss., Leipzig 1885, p. 14.

Digitized by Google

stößt also die Unterscheidung von Markstrahlen und Holzparenchym in manchen Fällen auf Schwierigkeiten und es ist in solchen Fällen Sache der Interpretation, ob man vereinzelte oder in Gruppen vorkommende, im Holze auftretende parenchymatische Zellen als Markstrahlzellen oder Holzparenchymzellen deuten will.

Um nun wieder zu *Eupatorium adenophorum* zurückzukehren, so dürften die hier auftretenden Markstrahlzellen rudimentär und da sie keine Spur eines Inhaltes aufweisen, wohl auch funktionslos sein. Eine Erklärung für diese Rückbildung der Markstrahlzellen ist vielleicht darin zu suchen, daß die Pflanze, die das intensive Bestreben hat, sich nach der Höhe zu entwickeln, alle jene Elemente zu beseitigen sucht, die der Emporleitung des Wassers hinderlich sind. Ein ähnliches Verhalten finden wir beispielsweise bei Schlingpflanzen, so bei *Phaseolus multiflorus.*[1]

Eine merkwürdige Abweichung von dem der Familie der Kompositen eigentümlichen Bau und Verlauf der Markstrahlen findet sich auch bei *Artemisia tridentata* und *A. gnaphalodes*, welche beide aus dem Yellowstonepark stammen. Der Querschnitt durch den Stamm dieser beiden Spezies zeigt nämlich, daß die Markstrahlen nicht nur bei ein und derselben Art von verschiedener Breite sind, sondern daß auch ein und derselbe Markstrahl an differenten Stellen ungleiche Breite aufweist, (Fig. 7, *m*). Was nun vollends den Verlauf der Markstrahlen betrifft, so ist es auffallend, daß dieselben sehr häufig nicht bis zur primären Rinde reichen, sondern daß sie sich plötzlich verschmälern und zwischen den mechanischen Elementen, manchmal auch gerade an der Jahrringgrenze im Holzparenchym ihr Ende finden, so daß in den später folgenden Jahrringen keine Spur mehr von ihnen zu entdecken ist. Andere Markstrahlen — wenn man diese Gewebe überhaupt so nennen darf, da sie ja im anatomisch-physiologischen Sinn dem Begriff »Markstrahl« nicht entsprechen, setzen mitten im Holzkörper ein, erstrecken sich, in radialer Richtung verlaufend, über einen Teil desselben

[1] Siehe Wiesner, Anatomie und Physiologie der Pflanzen, Wien 1898, p. 170.

Digitized by Google

und verschwinden dann gleichfalls zwischen den mechanischen Elementen.

Wiesner[1] erwähnt das Vorkommen von sogenannten »scheinbar deutlichen Markstrahlen« bei der Weißbuche *(Carpinus betulus)*. Das Verschwinden der Markstrahlen in diesem Fall ist aber bei diesem Holze nur ein scheinbares, zeigt sich nämlich nur bei makroskopischer Betrachtung, während unter dem Mikroskop erkennbar wird, daß zarte, mit freiem Auge nicht unterscheidbare Markstrahlenzüge sich stellenweise einander nähern und scheinbar zu größeren Komplexen vereinigen. Die Markstrahlen der genannten Artemisien dürfen also nicht wie die der Weißbuche zu den »scheinbar deutlichen« gerechnet werden; sie sind vielmehr faktisch aussetzende Markstrahlen.

IV. Normale Stellung der Gefäßbündel und Anomalien im Holzbau.

Wie bereits an früherer Stelle erwähnt, werden die Gefäßbündel des Kompositenstammes getrennt angelegt (Fig. 9, 10). Zwischen die ursprünglichen Bündel werden in der Regel neue eingeschoben (Fig. 12, *e G*).

Als Anomalie ist das Auftreten rindenständiger Gefäßbündel zu betrachten, wie sie zum Beispiel bei *Verbesina gigantea* und namentlich bei verschiedenen, der Gattung *Centaurea*[2] angehörigen Arten vorkommen.

Bei einigen der letzteren, beispielsweise bei *Centaurea Scabiosa*, haben die rindenständigen Bündel nicht die normale Stellung, sondern richten ihre Xyleme nach außen, ihre Phloëme nach innen. Solereder[3] bereits erwähnt diese eigentümliche umgekehrte Orientierung der Rindenleitbündel bei *Centaurea*-Arten, welche neben der normalen Stellung vorkommt. Er fügt hinzu, daß die rindenständigen Gefäßbündel in manchen Fällen

---

[1] Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches, 1. Aufl. (1873), p. 600, und 2. Aufl., Bd. II (1903), p. 889.

[2] Heinricher, Stengelbau der Zentaureen, in den Ber. d. Deutschen Bot. Ges., 1883.

[3] Solereder, Systematische Anatomie der Dikotyledonen, Stuttgart 1899, p. 528.

Digitized by Google

bis auf die Xyleme reduziert sein können. Stets entwickeln sich aber Rindenleitbündel bei Centaureen nur dann, wenn reichliches Assimilationsgewebe vorhanden ist.

Als eine besondere Ausnahme ist das Auftreten solcher rindenständiger Gefäßbündel zu betrachten, die ihrem anatomischen Bau nach den konzentrischen zuzuzählen sind. Solche kommen bei *Centaurea Rhenana* (Fig. 10, *r G*) vor.

Ebenso wie das Vorhandensein rindenständiger Gefäßbündel muß auch das Auftreten markständiger Bündel als Anomalie betrachtet werden.

Solche markständige Gefäßbündel (siehe Solereder, p. 527), wie sie namentlich bei Cichoriaceen vorkommen, sind meist kollateral. Manchmal bestehen sie bloß aus Phloëm, sind also markständige Siebbündel. Man kann dies beispielsweise bei *Tragopogon pratensis* (Fig. 11, *m, sb*) beobachten. Sind derartige, bloß aus Phloëm bestehende Bündel ganz am Markrand gelegen, so können sie in manchen Fällen den Eindruck hervorrufen, als wäre hier ein bikollaterales Gefäßbündel anzunehmen. Diese Erscheinung zeigt sich bei *Scorzonera Hispanica* (Fig. 12, *m, sb*). Daß es sich hier nicht um ein ursprünglich bikollaterales Gefäßbündel handelt, geht aber schon daraus hervor, daß im selben Stamm häufig die Siebbündel nicht unmittelbar enge an die primären Bündel anschließen (Fig. 12, *m'*, *sb'*), somit auch an derartigen Stellen Bikollateralität nicht beobachtet werden kann.

V. Zur Struktur der Kompositenrinden.

In der Rinde der Kompositen läßt sich immer dann Peridermbildung konstatieren (Fig. 1, *p*), wenn der Stamm in das sekundäre Entwicklungsstadium durch Dickenwachstum eingetreten ist. Die primäre Rinde enthält in zahlreichen Fällen kollenchymatisches Gewebe (Fig. 1, *c*; Fig. 12, *c*). Die beiden genannten Gewebe — Periderm und Kollenchym — hängen genetisch insofern zusammen, als, soweit meine Beobachtungen reichen und soweit es sich um Oberflächenperiderme handelt, dieselben aus Kollenchym, selbstverständlich nachdem zuerst ein Phellogen gebildet wurde, hervorgehen.

Digitized by Google

Bei einigen krautartigen Kompositen, namentlich bei mehreren *Senecio*-Arten, so bei *Senecio glaucophylla, S. ficoides, S. articulatus,* zeigt sich genau über dem Phloëm eines jeden Gefäßbündels in der primären Rinde ein mächtig entwickelter Interzellulargang von regelmäßiger Gestalt (Fig. 9, *i*). Ob es sich hier um einfache luftführende Interzellularen oder um Interzellularen anderer Kategorie handelt, konnte an dem mir zu Gebote gestandenen Materiale nicht ermittelt werden.

Resumé.

Der Hauptzweck der vorliegenden Arbeit war, einen Beitrag zur Anatomie des Holzes der Kompositen zu liefern.

Die Untersuchungen führten zu dem Resultat, daß die Kompositen wohl einen gemeinsamen Typus im anatomischen Bau ihres Holzes aufweisen, daß aber häufig Abweichungen von diesem Typus stattfinden.

Was den gemeinsamen anatomischen Bau des Holzes betrifft, so ist den Angaben der hierüber existierenden Abhandlungen hinzuzufügen, daß nicht bloß in den Gefäßen, sondern häufig auch in den Tracheiden doppelte Skulptur der Membran zu finden ist; man kann daselbst nämlich Hoftüpfel und schraubige Verdickung beobachten.

Die auffallendsten Abweichungen vom normalen Typus sind folgende:

1. das Auftreten kollenchymatisch verdickter Zellen im Phloëm an Stelle des Bastes bei *Senecio Petasitis, S. Jacquinianus, S. Sarracenicus, Cirsium rivulare, Chamaepeuce stellata, Eupatorium cannabinum*;

2. das Vorkommen rudimentärer und wahrscheinlich funktionsloser Markstrahlen bei *Eupatorium adenophorum*;

3. das Auftreten von mehrreihigen geschlossenen Zügen aus Holzparenchym an der Jahrringgrenze bei *Artemisia tridentata*;

4. das Auftreten von Markstrahlen, die sich nicht bis zur primären Rinde erstrecken, sondern mitten im Holzkörper verschwinden. Dies ist zu beobachten bei *Artemisia tridentata* und *A. gnaphalodes*;

Digitized by Google

5. das Vorkommen von rindenständigen Gefäßbündeln bei *Centaurea Rhenana*, die dem anatomischen Bau zufolge den konzentrischen zuzuzählen sind.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Vergrößerung 40. Querschnitt durch den Stamm von *Senecio Petasitis*. *p* Periderm; *ph* Phellogen; *c* Kollenchym; *cv* kollenchymatische Verdickung im Phloëm; *c'* Kambium; *g* Gefäße; *l* Libriform; *m* Markstrahl.

Fig. 2. Vergrößerung 420. Zellen aus dem Phloëm von *Senecio Petasitis* mit kollenchymatisch verdickten Membranen. Im Zellumen Kristalle *kr* von Kalkoxalat.

Fig. 3. Vergrößerung 110. Tangentialschnitt durch das Holz des Stammes von *Eupatorium arboreum*. *tr* Tracheïde mit Hoftüpfel und schraubiger Verdickung; *g* Gefäß; *h* Hoftüpfel, die sich an allen Wänden der Gefäße, auch an den an das Holzparenchym grenzenden finden; *schr* schraubige Verdickung der Gefäßwände; *hp* Holzparenchym in unmittelbarer Umgebung der Gefäße; *l* Libriform mit einfachen Tüpfeln; *m* Markstrahl mit zumeist niederen, mehr oder weniger regelmäßig gestalteten Zellen im Zentrum, sehr hohen Zellen in der Umgebung des Zentrums. An allen Wänden sind die Markstrahlzellen mit einfachen Tüpfeln versehen.

Fig. 4. Vergrößerung 450. Radialschnitt durch das Holz des Stammes von *Montanoa pinnatifida*. *m* Markstrahlzellen, zum Teil liegend, zum größten Teil aber stehend, an allen Wänden einfach getüpfelt; *t* Tüpfel.

Tafel II.

Fig. 5. Vergrößert 360. Radialschnitt durch das Holz des Stammes von *Eupatorium adenophorum*. *g* Gefäß; *n* leiterförmige Perforation der Gefäßwand; *o* kreisrunde Perforation derselben; *h* Hoftüpfel; *hp* Holzparenchym in der Umgebung der Gefäße.

Fig. 6. Vergrößerung 360. Tangentialschnitt durch das Holz des Stammes von *Eupatorium adenophorum*. *g* Gefäß; *hp* paratracheales Holzparenchym; *rm* rudimentärer und, weil ohne Inhalt, wohl auch funktionsloser Markstrahl.

Digitized by Google

Fig. 7. Vergrößerung 35. Querschnitt durch das Holz von *Artemisia tridentata*. *g* Gefäße; *l* Libriform; *hp* Holzparenchymzüge; *m* Markstrahlen, die an verschiedenen Stellen von ungleicher Breite sind und im Holzparenchym oder zwischen den mechanischen Elementen allmählich verschwinden.

Fig. 8. Vergrößerung 330. Radialschnitt durch das Holz des Stammes von *Artemisia tridentata*. *hp* Holzparenchymzüge; *g* Gefäß.

Tafel III.

Fig. 9. Vergrößerung 40. Querschnitt durch den Stengel von *Senecio glaucophylla*. *e* Epidermis; *p* Parenchym; *i* Interzellulargänge, die genau radial über den Gefäßbündeln stehen; *gb* Gefäßbündel.

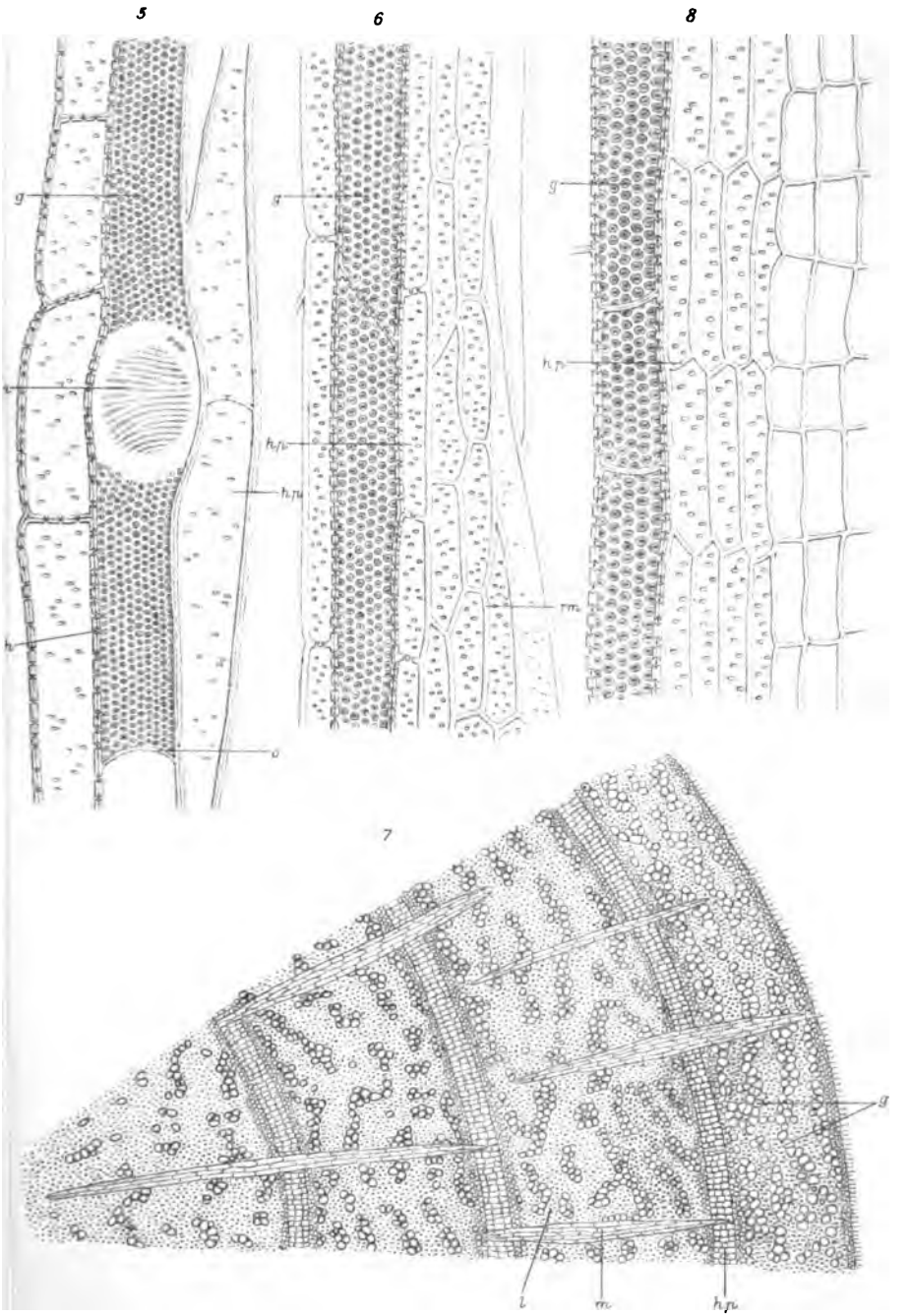
Fig. 10. Vergrößerung 50. Querschnitt durch den Stengel von *Centaurea Rhenana*. *p* Parenchym; *rg* rindenständiges, konzentrisches Gefäßbündel; *x* Xylem; *phl* Phloëm; *b* Bast an der Außen- und Innenseite der Gefäßbündel; *c'* Interfaszikularkambium; *m* Mark.

Fig. 11. Vergrößerung 70. Querschnitt durch den Stengel von *Tragopogon pratensis*. *c* Kollenchym; *phl* Phloëm; *x* Xylem; *m sb* markständige Siebbündel.

Fig. 12. Vergrößerung 52. Querschnitt durch den Stengel von *Scorzonera Hispanica*. *e* Epidermis; *c* Kollenchym; *eg* eingeschobene Bündel; *b* Bast; *phl* Phloëm; *x* Xylem; *m.sb* markständiges Siebbündel, das unmittelbar an das ursprüngliche Gefäßbündel anschließt; *m'.sb'* markständiges Siebbündel, das nicht unmittelbar anschließt.

Digitized by Google

Digitized by Google



Fleischmann, n. d. Nat. a. Stein gez. Druck von Alb. Berger, Wien, VIII.
itzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXV, Abt. I, 1906.
Digitized by Google

Digitized by Google

Beobachtungen über den Lichtgenuß und über einige andere physiologische Verhältnisse blühender *Geranium*-Arten

von

J. Wiesner,

w. M. k. Akad.

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. Februar 1906.)

Die Blüten von *Geranium pratense* haben schon vor längerer Zeit meine Aufmerksamkeit erregt, insbesondere wegen der sehr auffälligen Eigentümlichkeit, sowohl bei völlig freier Exposition als bei konstant einseitiger Beleuchtung ihre Apertur vertikal zu stellen.[1] Diese Pflanze besitzt also ausgesprochene Vorderlichtblüten.[2] Bei späteren, gelegentlich an derselben Pflanze angestellten Beobachtungen fielen mir einige merkwürdige Richtungsverhältnisse auf, welche die Blüten teils vor, teils nach Vertikalstellung der Blütenapertur darboten. Es wurde mir schon damals ziemlich deutlich, daß die früher genannte Aufrechtstellung der Blütenöffnung nur ein Glied in einer Kette von Bewegungsänderungen bildet, durch welche die Blüten dieser Pflanze ausgezeichnet sind.

Ich nahm mir vor, die Sache weiter zu verfolgen, sobald sich Zeit und Gelegenheit hiezu bieten würden. Der Sommer des abgelaufenen Jahres (1905) war dem geplanten bescheidenen Unternehmen günstig. Ich verbrachte denselben zu Friesach in

---

[1] Wiesner, Die heliotrop. Erscheinungen. II. Teil. Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. Bd. 43 (1880), Sep.. p. 64.

[2] Wiesner, Die Stellung der Blüten zum Lichte. Biol. Zentralbl. Bd. XXI (1901), p. 807.

Digitized by Google

Kärnten, wo *Geranium pratense* im Tale die reich ausgedehnten Wiesen förmlich bedeckt.

Es schien mir zweckmäßig, die Studien nach zweierlei Art auszudehnen, erstlich, indem ich an allen von mir besuchten Standorten den Lichtgenuß dieser Pflanze festzustellen suchte, und sodann, daß ich vergleichend auch die anderen in der Beobachtungszeit reichlich dort auftretenden *Geranium*-Arten sowohl in Bezug auf ihren Lichtgenuß als auch auf ihre Blütenbewegungen studierte.

Im Zusammenhange mit den Studien über die Richtungsbewegungen wurden auch Beobachtungen über die Dauer der *Geranium*-Blüten und über die Wachstumsgeschwindigkeit der Blütenteile vorgenommen. Es lag sehr nahe, die Wachstumsgeschwindigkeit dieser Blütenteile mit jener der Blütenteile einiger anderer Pflanzen zu vergleichen und dadurch die Anregung zu geben, die, wie es scheint, weitverbreitet sich einstellende Relation zwischen der Funktionsdauer dieser Blütenteile und ihrer Entwicklungsgeschwindigkeit zu untersuchen. —

Was, um zunächst von der einfachsten Sache zu sprechen, den Lichtgenuß der dortigen häufig auftretenden *Geranium*-Arten anlangt, so hielt ich es für ausreichend, das Maximum und Minimum des relativen Lichtgenusses zu ermitteln, also nachzusehen, welchen Anteil des gesamten Himmelslichtes diese Pflanze für sich in Anspruch nimmt, wobei besonders beachtet wurde, wie weit jede der untersuchten Arten ins helle Tageslicht und wie weit sie in den Schatten geht.

In Betreff der Blütenbewegungen wurde zunächst ermittelt, welche Richtungen zur tragenden Achse und zum Horizont die Blüten vom Knospenzustande an bis zur völligen Ausbildung und von hier an bis zur Fruchtreife durchmachen.

Es schien nun nichts näher zu liegen, als alle diese Bewegungen, welche zu den Richtungsänderungen der Blüten führen, auf ihre Ursache zurückzuführen, zu konstatieren, inwieweit dieselben spontan, inwieweit sie durch äußere Kräfte hervorgerufen werden und welcher Art diese äußeren Einflüsse sind. Es ist dies aber ein zum Teil sehr schwieriger Gegenstand, der ohne genaue experimentelle Prüfung nicht zu erledigen ist. Allein

Digitized by Google

da mir während meines Sommeraufenthaltes in Friesach die zu den Experimenten erforderlichen Apparate und Instrumente fast gar nicht zur Hand waren, so konnte ich nur einige sehr primitive Versuche anstellen. So weist die vorliegende Schrift, wie ich selbst am meisten fühle, sehr große Lücken auf. Wenn ich diese Arbeit trotzdem veröffentliche, so lasse ich mich von dem Gedanken leiten, daß die Richtungsänderungen der genannten Blüten bisher noch nicht mit so großer Aufmerksamkeit, wie es von mir geschehen ist, verfolgt wurden und, schon als nackte Tatsachen betrachtet, des Interesses wert sind, überdies, was ich nicht gering anschlage, zu weiteren Untersuchungen über die Ursachen dieser Richtungsänderungen reichliche Anregung geben.

Im übrigen werden die Lichtgenußbestimmungen, wie ich meine, willkommen erscheinen, da über diesen Gegenstand bisher doch noch viel zu wenig Beobachtungen vorliegen.

Meine Studien erstreckten sich auf *Geranium pratense*, *G. palustre*, *G. phaeum* und *G. Robertianum*, die, wie schon bemerkt, in der Umgebung von Friesach häufig auftreten.

I. Lichtgenuß.

Über die Lichtverhältnisse, unter welchen die vier genannten *Geranium*-Arten in der Natur vorkommen, ist in der Literatur sehr wenig zu finden, nichts anderes als die rücksichtlich der Beleuchtungsverhältnisse doch ziemlich unbestimmten Angaben, die in floristischen Werken vorkommen.

So heißt es mit Bezug auf *G. pratense* bei Neilreich: Auf feuchten Wiesen, an Bächen, Gräben, Hecken sowohl niedriger als gebirgiger Gegenden.[1] Bei Beck:[2] In feuchten Wiesen, an Bächen, in Auen von der Ebene bis in die Voralpen. Bei Koch:[3] Wiesen, Ufer, feuchte Gebüsche.

Diese Angaben lassen vermuten, daß diese Pflanze bei freier oder nahezu freier Exposition vorkommt, aber doch auch starke Beschattung verträgt.

---

[1] Neilreich, Flora von Wien, 1846, p. 590.

[2] Beck, Flora von Niederösterreich. Wien 1890, p. 560.

[3] Koch, Taschenbuch der deutschen Flora, 3. Aufl., p. 103.

Digitized by Google

G. palustre. Auf feuchten Wiesen, an Sümpfen (Neilreich). In feuchten Wiesen und Gräben (Beck). Sumpfige Wiesen und Wiesengebüsche (Koch).

Diese Daten lassen teils auf starke Beleuchtung, teils auf eine von starker Beleuchtung bis zur starken Beschattung reichenden Beschaffenheit des Standortes schließen.

G. phaeum. In Wäldern, Auen und an Gebirgsbächen (Neilreich). In Wäldern, Auen und auf Wiesen (Beck). Wälder der Voralpen und Gebirge (Koch).

Die Angaben von Neilreich und Koch weisen auf geringen Lichtgenuß, die von Beck wieder darauf hin, daß die Pflanze sowohl im hellen Lichte als bei starker Beschattung gedeihen könne.

G. Robertianum. An feuchten, schattigen Stellen, auf Felsen, Schutt, in Auen und Wäldern (Neilreich). An schattigen, feuchten, steinigen und wüsten Stellen, in lichten Wäldern unter Buschwerk (Beck). Schattige Wälder, Felsen, feuchte Zäune (Koch).

Die Angaben aller drei Autoren weisen auf stark beschattete Standorte hin, doch scheint aus denselben hervorzugehen, daß die Pflanze sich auch lichtstarken Standorten anpassen könne.

Ich will auf andere Autoren nicht reflektieren. Ihre Angaben sind in Bezug auf die Lichtverhältnisse der Standorte nicht lehrreicher. Vergleicht man die angeführten Daten, so muß man wohl den Eindruck erhalten, daß die vier genannten *Geranium*-Arten unter gleichen Beleuchtungsverhältnissen vorkommen; höchstens könnte man mit Bezug auf Koch's Angabe vermuten, daß *G. phaeum* im Vergleich zu den drei anderen Spezies nur in geschwächtem Lichte gedeihe. Allein Beck's Angabe macht dies doch wieder zweifelhaft.

Ich will durch Vorführung meiner Beobachtungen über den Lichtgenuß der vier genannten *Geranium*-Arten zeigen, daß man die Lichtverhältnisse dieser Pflanzen genau zu präzisieren im stande ist.[1]

---

[1] Über die Methode, den Lichtgenuß der Pflanzen zu bestimmen, s. Wiesner, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wisssensch., Bd. 102 (1893), und später genauer in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch., Bd. 64 (1893).

Digitized by Google

Das Maximum des relativen Lichtgenusses von *Geranium pratense* ist = 1, d. h. diese Pflanze verträgt auch das gesamte Tageslicht; sie kann auf ganz ebenen Standorten vorkommen, wo ihr Lichtgenuß keinerlei Einschränkung erfährt, weder durch die Konfiguration des Terrains noch durch eine beschattende Vegetation. Nach zahlreichen Beobachtungen hat sich als Minimum des Lichtgenusses dieser Pflanze der Wert $\frac{1}{6}$ ergeben.

Keine der anderen von mir untersuchten *Geranium*-Arten weist einen so hohen Lichtgenuß auf; keine hat nämlich ein so hoch gelegenes Minimum und nur *G. palustre* reicht in Bezug auf das Maximum des Lichtgenusses an *G. pratense* näherungsweise heran. Das Maximum des Lichtgenusses von *G. Robertianum* ist $\frac{1}{1 \cdot 35}$, das von *G. phaeum* gar nur $\frac{1}{1 \cdot 75}$. Die beobachteten Minima des Lichtgenusses sind folgender Zusammenstellung zu entnehmen:

Geranium pratense	$\frac{1}{6}$
» *palustre*	$\frac{1}{14}$
» *phaeum*	$\frac{1}{18}$
» *Robertianum*	$\frac{1}{25}$

Wie man sieht, gehen die Minima sehr weit auseinander, während die Maxima nur wenig differieren. Zur Charakterisierung des Lichtgenusses erscheinen deshalb die Minima besonders geeignet, was nach meinen früheren Untersuchungen für krautige Pflanzen und Stauden ebensowie für Holzgewächse gilt.

Wie ich gleichfalls schon bei früheren Gelegenheiten ausführlich auseinandersetzte, sind die Werte für den relativen Lichtgenuß von der geographischen Breite und von der Seehöhe abhängig. Dieselben ändern sich mit der Änderung der beiden genannten Größen bei verschiedenen Arten (oder Varie-

Digitized by Google

täten) in sehr verschiedenem Maße und können auch für weite Gebiete konstant bleiben.

Die oben genannten Werte sind für Friesach (46° 57′ n. B., Seehöhe der Talsohle 637 *m*) ermittelt und werden gewiß für weite Gebiete bei angenähert gleicher Seehöhe dieselben bleiben oder nur sehr geringe Abweichungen zeigen. Allein daß sie mit der Seehöhe sich ändern, habe ich in der weiteren Umgebung von Friesach mehrmals zu beobachten Gelegenheit gehabt.

Ich fand nämlich für *Geranium pratense* in einer Höhe, welche etwa 300 *m* über der Talsohle lag, das Minimum bei $\frac{1}{3}$. Es steigt also auch bei dieser Pflanze das Minimum mit der Seehöhe und mithin der relative Lichtgenuß überhaupt.

Ferner beobachtete ich bei *G. phaeum* Maximum und Minimum schon in einer zirka 300 bis 400 *m* über der Talsohle gelegenen Höhe im Sinne eines vermehrten Lichtgenusses verschoben. Diese Pflanze kommt auf den bezeichneten Höhen beinahe frei exponiert vor $\left(\text{Maximum von } L. = \frac{1}{1 \cdot 25}\right)$. Die Konfiguration des Terrains und die auf demselben vorkommende Vegetation ließ ein stärkeres Sinken des Lichtgenusses nicht zu, so daß eine genaue Bestimmung des Minimums in diesen Höhen nicht vorgenommen werden konnte.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit ein Wort über die Optima des Lichtgenusses einschalten. Bisher habe ich in meinen Schriften über Lichtgenuß nur Maxima und Minima angegeben, obwohl ich gleich bei Beginn meiner Studien über den Lichtgenuß der Pflanzen darüber im klaren war, daß jede vom Lichte abhängige Pflanze an gewisse Optima des Lichtgenusses ebenso gebunden ist wie an bestimmte Maxima und Minima. In der Regel sind diese Optima schwierig zu konstatieren, während es viel leichter ist, die Maxima und Minima zu ermitteln. Um nicht durch zu große Komplikation meiner Methode den Eingang zu erschweren, habe ich optimale Werte, beziehungsweise die Methode, dieselben zu ermitteln, nicht angeführt.

Hier scheint mir nun eine passende Gelegenheit, eine kleine einschlägige Bemerkung einzuschalten. Mir schien es auffallend, daß *Geranium pratense* gerade an den freiesten,

Digitized by Google

sonnigsten Standorten am üppigsten gedeiht, hier am reichlichsten blüht und fruchtet. Es fällt bei dieser Pflanze offenbar das Optimum des Lichtgenusses mit dem Maximum zusammen. Aber gewiß verhält sich bei den anderen drei Spezies von *Geranium* die Sache anders und insbesondere fällt es bei *G. phaeum* auf, daß sie auf den hellsten Standorten, auf denen ich sie in Friesach (Tal) beobachtete ($L = \frac{1}{1 \cdot 75}$), am allerwenigsten gedeiht. Die Optima zu finden, ist umständlich, da nicht nur auf die Zahl von Blüten und Früchten, sondern auch auf die Masse der assimilierten Substanz Rücksicht zu nehmen wäre. Solche Versuche habe ich nicht ausgeführt und möchte hier nur bemerken, daß nach allen meinen bisher angestellten Beobachtungen bei *Geranium palustre* das Optimum des relativen Lichtgenusses mit dem beobachteten Maximum (= 1) nicht zusammenfällt, wodurch sich diese Pflanze von *G. pratense* wohl deutlich unterscheidet.

Ich habe oben die Minima des Lichtgenusses von *G. phaeum* und *Robertianum* mit $\frac{1}{18}$ und $\frac{1}{25}$ bezeichnet. Diese Werte lehren, daß der Lichtgenuß von *G. Robertianum* tiefer sinkt als der von *G. phaeum*. Ohne Vornahme von Messungen könnte man leicht geneigt sein, anzunehmen, daß dieses Verhalten den Tatsachen nicht entspreche, denn im allgemeinen findet man die letztere häufiger auf tiefschattigen Standorten als die erstere. Es scheint dies darauf hinzudeuten, daß das Optimum bei *G. phaeum* tiefer liegt als bei *Robertianum*. Aber eingehende Beobachtungen haben gelehrt, daß letztere tiefer in den Schatten geht als erstere, also ein niedriger gelegenes Minimum besitzt.

Die mitgeteilten, auf den relativen Lichtgenuß Bezug nehmenden Werte betreffen nur solche Individuen (Stöcke), welche blühen und fruchten. Die grünen Vegetationsorgane werden auch bei Lichtstärken gebildet, welche unterhalb des Minimums der blühenden und fruchtenden Pflanze gelegen sind. Diese Eigentümlichkeit ist bei den vier genannten Arten in verschiedenem Grade wahrzunehmen. Unter den vier untersuchten *Geranium*-Arten scheint mir dieselbe bei *G. pratense* am wenigsten ausgebildet.

Digitized by Google

Obwohl Wiese und Wald im Friesacher Tale sich reichlich berühren, habe ich, so sorgsam ich auch darauf achtete, niemals blühende Exemplare von *Geranium pratense* im Walde gesehen. Es ist dies auch begreiflich, da das insbesondere am Waldrande stark entwickelte Unterholz das Licht so abmindert, daß dessen Stärke sofort stark fällt und schon in nächster Nähe des Randes unterhalb des Minimums des Lichtgenusses dieser Pflanze gelegen ist. Hingegen habe ich in einem Föhrenwald bei Längsee (Kärnten) dieselbe in einigen blühenden Exemplaren gesehen, welche aber an der unteren Lichtgrenze zur Entwicklung gekommen waren und nur ein sehr kümmerliches Dasein führten.

Die drei anderen *Geranium*-Arten habe ich in den Wäldern der Umgebung von Friesach angetroffen: *G. phaeum* und *G. Robertianum* häufig, *G. palustre* seltener.[1]

Die vorgeführten Daten über den Lichtgenuß der vorgenannten *Geranium*-Arten, insbesondere die Werte, welche das Maximum und Minimum des relativen Lichtgenusses beziffern, lehren deutlich, welcher Gewinn aus den Studien über den Lichtgenuß in Bezug auf die Lebensweise, speziell in Betreff der Lichtverhältnisse, unter welchen diese Pflanzen in der Natur vorkommen, zu ziehen ist. Ein Vergleich der oben angeführten Standortsdaten mit den mitgeteilten Lichtgenußwerten spricht wohl sehr zu Gunsten der von mir in Vorschlag gebrachten Auffassung und Methode.

---

[1] Bei meinen Beobachtungen über die Frage, wie tief die Geranien in den Wald eindringen, habe ich auch auf einige andere Wiesenpflanzen in derselben Absicht geachtet. Ich wählte hiezu die auf der Friesacher Talsohle häufig vorkommenden Umbelliferen: *Chaerophyllum hirsutum, Heracleum sphondylium, Pastinaca sativa* und *Pimpinella magna*. Am tiefsten ging *Chaerophyllum hirsutum* in die Tiefe des Waldes $\left(L_{\min} = \frac{1}{18}\right)$, daran reihten sich *Pimpinella magna* $\left(L_{\min} = \frac{1}{12}\right)$ und *Heracleum sphondylium* $\left(L_{\min} = \frac{1}{8}\right)$. *Pastinaca sativa*, auf Wiesen um Friesach gemein, habe ich dort niemals in den Wald eintreten sehen. Aber im lichten Föhrenwalde bei Längsee fand ich sie in schwächlichen verpilzten Exemplaren neben den oben genannten schwächlichen Exemplaren von *Geranium pratense*.

Digitized by Google

Ich wünsche sehr lebhaft, daß die mitgeteilten Angaben über den Lichtgenuß der untersuchten Geranien zu weiteren ähnlichen Studien Veranlassung geben mögen. Am meisten Vorteil würde aus derartigen Untersuchungen die Pflanzengeographie ziehen können. Es müßten die betreffenden Beobachtungen in möglichst vielen Florengebieten und an möglichst vielen Standorten vorgenommen werden; dann wäre der Pflanzengeograph am besten in den Stand gesetzt, den Lichtgenuß einer Pflanze innerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes mit Rücksicht auf geographische Breite und Seehöhe zu charakterisieren.

II. Dauer der Blüten.

Auf die Morphologie der Blütenstände der Geranien soll hier nicht eingegangen werden. Für die nachfolgende Betrachtung über die Dauer der Blüte der hier in Betracht kommenden vier *Geranium*-Arten genügt es, wenn ich bemerke, daß die Blüten an der Infloreszenz in der Regel paarweise auftreten.[1] Nur sehr selten stehen die Blüten unserer vier *Geranium*-Arten infolge Fehlschlagens einer Blüte einzeln. Welchen morphologischen Wert diese Blütenpaare haben, ist eine Sache, auf die ich hier nicht eingehe. Ich erwähne nur, daß die beiden Blütenstiele eines Paares in den Achseln von vier in gleicher Höhe erscheinenden Nebenblättern zu stehen scheinen, so daß es den Anschein gewinnt, als läge eine falsche Dichotomie vor, als würden also die Blüten in den Achseln von fehlgeschlagenen Laubblättern stehen und als wäre die Terminalknospe völlig abortiert. Die Sache verhält sich übrigens, wie bekannt, gewiß anders, da die Blüten eines Paares ungleichzeitig erblühen, was schon auf den cymösen Charakter der Infloreszenz hindeutet und die Annahme einer durch Fehlschlagen hervorgerufenen Dichotomie ausschließt.

Hier interessiert uns nur das ungleichzeitige Öffnen der Blüten eines Paares, welches höchst augenfällig ist, indem man fast immer eine Blüte eines Paares früher ihre Korollen

[1] Dies gilt nicht nur für alle vier der untersuchten Spezies, sondern für die Mehrzahl der *Geranium*-Arten. Nur bei wenigen Spezies, z. B. bei *G. sibiricum* L., treten die Blüten fast konstant einzeln auf.

Digitized by Google

entfalten sieht als die andere. Nur sehr selten kommt ein gleichzeitiges Blühen der beiden Teile eines Paares vor. Aber auch in diesen seltenen Fällen kann man immer leicht konstatieren, daß eine Blüte älter als die andere ist. Die oben genannten Geranien besitzen nämlich dichogame, und zwar protandrische Blüten, d. h. das Androeceum eilt in der Entwicklung dem Gynäceum voran.[1] In einer der Blüten fehlen entweder schon die Antheren, indem sie von Insekten entweder vertragen oder gefressen wurden oder abgefallen sind, und es stehen nur mehr die Filamente, während das Gynäceum sich entweder noch in Entwicklung befindet oder bereits ausgewachsen ist. Gemeinschaftlich ist beiden Blüten nur die vollentwickelte Korolle und selbstverständlich der noch stehen gebliebene Kelch. Von diesen beiden Blüten ist die eine (die ältere), physiologisch betrachtet, weiblich, die andere (die jüngere) männlich. Häufig findet man eine Blüte eines Paares voll entwickelt, während die andere sich noch im Knospenzustande befindet.

In Bezug auf die Zeitfolge des Aufblühens der Blüten eines Paares zeigen die einzelnen der vier genannten Spezies ein verschiedenes Verhalten.

Ein gleichzeitiges Blühen beider Partner eines Paares, also das Vorhandensein schon normal ausgebildeter Korollen an beiden Blüten, habe ich bei *G. pratense* und auch bei *G. phaeum*, freilich selten, unter Hunderten von Paaren ein oder das andere Mal beobachtet. Häufiger fand ich ein solches gleichzeitiges Blühen beider Blüten eines Paares bei *G. palustre*. Hingegen habe ich bei *G. Robertianum* niemals ein gleichzeitiges Blühen der Blüten eines Paares gesehen, obgleich ich Hunderte von blühenden Pflanzen dieser Spezies nach dieser Richtung untersuchte.

---

[1] In seinem Handbuch der Blütenbiologie führt Knuth, Bd. II, I. T., p. 228 an, daß die Blüten von *Geranium* protandrisch, selten protogynisch sind *(G. dissectum* und *pusillum)*. Zudem werden (l. c., p. 228) die Blüten von *G. palustre, pratense* (l. c., p. 230) und *phaeum* (l. c., p. 233) als »ausgeprägt protandrisch« hervorgehoben. Hingegen bezeichnet der Autor die Blüten von *G. Robertianum* unter Hinweis auf Herm. Müller's Untersuchungen (l. c., p. 237) nur als »schwach protandrisch«.

Digitized by Google

Dieses verschiedene Verhalten erklärt sich auf folgende einfache Weise. Bei *Geranium pratense* dauert das Blühen (vom Hervortreten der Korollblätter aus dem geschlossenen Kelch bis zu deren Abfall) gewöhnlich 1 bis 2 Tage, selten mehr oder auch weniger. Das Zeitintervall im Aufblühen der beiden Einzelblüten eines Paares beträgt auch gewöhnlich 1 bis 2 Tage. So steht im Paare gewöhnlich nur eine geöffnete Blüte und nur bei dem Zusammentreffen von langer Blütezeit und kurzem Intervall erscheinen beide Blüten geöffnet.[1] Häufiger findet man bei *Geranium palustre* beide Blüten gleichzeitig voll geöffnet, weil bei etwa gleichen, 1 bis 2 Tage in Anspruch nehmenden Intervallen die Blüten länger ausdauern (1 bis 3 Tage). Hingegen ist es verständlich, daß die Blüten von *G. Robertianum* stets einzeln auftreten. Die Blüte dauert gewöhnlich nur einen Tag, während das Intervall 2 bis 3 Tage in Anspruch nimmt.[1]

III. Entwicklungsgeschwindigkeit der Blütenteile von Geranium pratense und einiger anderer Pflanzen.

Aus dem geschlossenen Kelche treten bei *Geranium pratense* zuerst die Enden der Korollblätter, dütenförmig geschlossen, hervor. Die Korolle wächst hierauf heran und erscheint zuerst glockenförmig, um sich dann beiläufig in einer Ebene auszubreiten, welche, wie erwähnt, in der Regel vertikal gestellt ist.

---

[1] Über die Dauer der Blüten unserer vier *Geranium*-Arten habe ich in der Literatur keine Angabe gefunden, auch über die Blüten der anderen nicht, mit Ausnahme einiger einschlägiger Daten, welche von Robertson herrühren, von Knuth (l. c., Bd. III, I. Abt., p. 434) angeführt werden und sich auf in Illinois an *Geranium maculatum* angestellte Beobachtungen beziehen. Dieses *Geranium* verhält sich dem genannten Autor zufolge in Bezug auf die Blüteneinrichtung und Befruchtung so wie *G. pratense* und *palustre*. Es heißt bei Robertson, daß bei ungünstigem Wetter die Blüten langsamer ihren Geschlechtszustand ändern; manche Blüten verharren bis zu 3 Tagen im männlichen und andere ebenso lange im weiblichen Zustande. Dagegen durchlaufen die Blüten bei warmem Wetter beide Stadien am nämlichen Tage. Daß der Geschlechtswechsel bei *G. pratense* rascher sich vollzieht, wenn es warm und sonnig ist, als wenn feuchtes, kaltes Wetter herrscht, habe ich oft beobachtet. Es scheint somit, daß die oben hervorgehobene Gleichzeitigkeit des Blühens eines Blütenpaares durch warmes, trockenes Wetter begünstigt werden kann.

Digitized by Google

Zwischen dem ersten Hervortreten der Korolle und ihrer völligen Ausbildung verstreicht ein verschieden langer Zeitraum. Oft beobachtete ich, daß dieser Zeitraum bloß 4 bis 6 Stunden währte. Er kann aber zwei- und dreimal so lange dauern, und zwar sind es nicht bloß äußere Einflüsse, sondern auch individuelle Eigentümlichkeiten, welche eine Verzögerung in der Entwicklung hervorrufen. Ich ersehe aus meinen Aufzeichnungen, daß an einem und demselben Stocke, ja in gegenüberliegenden Infloreszenzen eines und desselben Sprosses, zwei in gleichem Entwicklungsstadium befindliche Blüten in verschieden langen Zeiträumen aufblühen: die einen erblühten in 4 bis 6, die anderen in 8 bis 12 Stunden.

Die Zeit des Aufblühens ist nicht bestimmt, denn man kann bei *Geranium pratense* zu jeder Zeit des Tages jeden Entwicklungszustand der Blüte beobachten. Am häufigsten scheint die Entwicklung der Korolle zwischen Früh und Mittag stattzufinden. Ich habe in der Zeit, in welcher ich auf diese Verhältnisse am meisten achtete, nämlich Ende Juli, morgens sehr häufig das Hervorbrechen der Korolle, vormittags die Glockenform und später deren Umwandlung in die flach ausgebreitete, vertikal gestellte Blüte gesehen.

Es wurde die Geschwindigkeit, mit welcher die Entwicklung der Blütenteile bei *Geranium pratense* vor sich geht, verfolgt, wobei folgende Resultate erzielt wurden.

Ich berücksichtigte nur jene häufigen Fälle, in welchen die Entwicklung der Korolle, vom ersten Beginn ihres Hervorbrechens aus dem Kelche bis zu ihrer vollkommenen Ausbildung, bloß 4 bis 6 Stunden in Anspruch nahm.

Es betrug, in Mittelwerten ausgedrückt, beim ersten Hervorbrechen der Korolle

die Länge der Kelchblätter	.....	10·5 *mm*
» » » Korollblätter	.....	10·5 »
» » » Staubfäden[1]	.....	4·0 »
» » des Griffels	.....	5·0 »

[1] Die obigen Werte betreffen die Länge der Filamente.

Digitized by Google

Nach Beendigung des Wachstums der Korolle betrug

die Länge der Kelchblätter .....11·0 *mm*
» » » Korollblätter.....16·5 »
» » » Staubfäden[1].....12·5 »
» » des Griffels..... 7·5 »

Die Blüten von *Geranium pratense* und auch die der anderen oben genannten *Geranium*-Arten sind, wie schon erwähnt, dichogam, und zwar protandrisch; es kommen also die männlichen Organe rascher zur Reife als das weibliche Organ. Bei *Geranium pratense* wächst das ganze Gynäceum noch weiter, wenn das Wachstum der anderen Blütenteile schon beendigt ist. Erst 5 bis 6 Stunden nach Beendigung des Wachstums der anderen Blütenteile und manchmal auch später hat der Griffel seine volle Länge erreicht, welche im Mittel 10 *mm* beträgt.

Es berechnen sich die stündlichen Zuwächse, von dem Hervorbrechen der Krone angefangen bis zur Erreichung der vollen Länge der einzelnen Organe, in Mittelwerten ausgedrückt, auf eine Entwicklungsdauer von 5, beziehungsweise 10·5 Stunden bezogen, folgendermaßen:

Zuwachs der Kelchblätter.....0·100 *mm*
» » Korollblätter .....1·200 »
» » Staubfäden .....1·700 »
» des Griffels .....0·238 »

Dieser Zusammenstellung ist zu entnehmen, daß vom Hervorbrechen der Korolle angefangen bis zur vollkommenen Ausbildung der Blüte der Kelch nur sehr wenig wächst, bedeutend rascher der Griffel, daß aber Krone und Staubfäden ein sehr beträchtliches Wachstum aufweisen.

Selbstverständlich variiert die Wachstumsgeschwindigkeit der Blütenteile, abgesehen von individuellen Abweichungen, je nach den äußeren Vegetationsbedingungen. In den warmen Julitagen erfolgt das Wachstum rascher als an kühlen Tagen des September. Trockenheit verzögert gleichfalls wie niedere Temperatur das Wachstum. Bei großer Bodentrockenheit verzögert sich die Entwicklung nicht unbedeutend. Es kann

[1] Die obigen Werte betreffen die Länge der Filamente.

Digitized by Google

vorkommen, daß die Weiterentwicklung des Griffels stille steht. Ein Gleiches habe ich auch oft an abgeschnittenen Blütensprossen, welche mit dem unteren Ende in Wasser tauchten, beobachtet.

Auch unter Wasser geht die Entwicklung einer abgeschnittenen, auch ihres Stieles beraubten Blüte vom Beginn des Aufbrechens der Korolle anscheinend ganz normal vor sich, woraus zu schließen ist, daß bei der diesem Entwicklungsstadium folgenden Weiterentwicklung der Blüte dieselbe keiner Zufuhr plastischer Stoffe vom Stiel her bedarf. Zur Entwicklung ist aber — bei mittlerer Temperatur — ein Zeitraum von 18 bis 20 Stunden erforderlich. Die Blüte öffnet sich unter Wasser nicht vollständig, sondern bleibt glockenförmig. Sobald die unter Wasser zur Entwicklung gekommenen Korollblätter vollkommen ausgewachsen sind, erfolgt gewöhnlich sofort oder ein paar Stunden später ihre organische Ablösung, während, wie wir gesehen haben, die Korolle sich im völlig ausgebildeten Zustande 1 bis 2 Tage erhält. Die rasche Ablösung wirft ein Licht auf den Modus dieses Vorganges, welcher auf großer Turgeszenz der Zellen der Trennungsschicht beruht. Inwieweit noch Mazeration durch Säuren die Ablösung unterstützt, bleibe hier unerörtert.

Die Geschwindigkeit, mit welcher das Wachstum der Korolle und der Staubfäden bei *Geranium pratense* erfolgt, scheint mit der kurzen Dauer dieser Organe im Zusammenhange zu stehen. Schon der Vergleich mit den anderen Blütenteilen, Kelch und Gynäceum, welche mit viel längerer Dauer ein beträchtlich langsameres Wachstum verbinden, bildet eine Stütze für diese Annahme. Vielleicht besteht ein solcher Zusammenhang in weiterer Verbreitung, als bisher angenommen wurde. Möglicherweise geht bei Blüten stets mit rascher Wachstumsgeschwindigkeit eine kurze Dauer der betreffenden Organe parallel. Es wäre indes gewagt, dies jetzt schon behaupten zu wollen, obgleich manche bereits bekannt gewordene Tatsache die Existenz einer solchen Relation zu bekräftigen scheint, z. B. das bekannte, von Askenasy

Digitized by Google

entdeckte, ungemein rasche Wachstum der Gramineen-Antheren.[1]

Ein durchgreifendes Zusammenfallen von hoher Wachstumsgeschwindigkeit und kurzer Dauer ist gewiß nicht zu erwarten, da schon jetzt Tatsachen bekannt sind, welche einer solchen Auffassung geradezu widersprechen. Ich erinnere an die enorme Wachstumsgeschwindigkeit des Bambusrohres. Es ist dies eine der größten Wachstumsgeschwindigkeiten, welche man bisher im Pflanzenreiche beobachtete; sie ist etwa so groß als das schon berührte fast plötzliche Heranwachsen der Staubfäden von Roggen und Weizen vor dem Stäuben der Antheren. Der so rasch wachsende Bambushalm hat aber eine lange Dauer. Es werden indes auch mit Rücksicht auf die ganze Entwicklung der Pflanze sich zahlreiche Fälle ergeben, in welchen rasche Ausbildung und kurze Dauer oder langsame Entwicklung und lange Dauer zusammenfallen. Man denke an das sprichwörtlich gewordene rasche Aufschießen der saftreichen Pilze (richtiger ihrer Fruchtkörper) und an deren rasche Vergänglichkeit, während bei wasserarmen Pilzen gewöhnlich sehr langsames Wachstum mit langer Dauer verbunden ist. Zweifellos existieren Relationen zwischen Entwicklungsgeschwindigkeit und Lebensweise, die sich aber nicht in einen einfachen Satz einzwängen lassen, da sie zumeist tiefere Gründe haben, als der Augenschein im einzelnen Falle zu lehren scheint.

Ich bringe all dies nur als Anregung zu weiteren Studien vor und begnüge mich mit der Vorführung einiger Beobachtungen über den Zusammenhang von Wachstumsgeschwindigkeit und Dauer von Korollblättern, welche ich in Friesach im Anschlusse an die auf *Geranium pratense* Bezug nehmenden, oben mitgeteilten Messungen angestellt habe.

Ich verglich die Geschwindigkeit des Wachstums der Korollen von *Geranium pratense* mit jener der Korolle des Gartenwindlings *(Ipomoea purpurea)*, welche bei gutem Wetter im Sommer sich gewöhnlich nur einen halben Tag oder etwas länger erhält, ferner mit den Korollen der Sonnenblume

[1] Hierüber und über Wachstumsgeschwindigkeiten überhaupt s. Wiesner, Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 4. Aufl., p. 285 ff.

Digitized by Google

(Helianthus annuus) und der Ringelblume *(Calendula officinalis)*.

Die Korollen des Windlings hatten vor dem Öffnen eine mittlere Länge von 28 *mm*. Sie wuchsen in 20 Stunden bis zu völliger Ausbildung der Blumenkrone auf durchschnittlich 60 *mm* heran.

Die Spielart der Sonnenblume, welche ich zur Beobachtung benützte, hatte Randblüten, deren Korollen eine Länge von 70 *mm* erreichten. Beim Öffnen der Blütenköpfe hatten diese Korollen eine Länge von durchschnittlich 5 *mm*. Sie wuchsen zu der genannten Länge in 5 Tagen (im August bei warmem Wetter) heran. Ein sehr schwaches Wachstum war über diese Zeit hinaus bei aufmerksamer Beobachtung auch noch zu bemerken, doch habe ich dies nicht in Rechnung gebracht und habe den Zuwachs bloß auf 5×24 Stunden bezogen. Die betreffenden Blütenköpfe wurden durch 11 Tage von Bienen besucht, aber auch über diese Zeit hinaus blieben die Korollblätter noch erhalten.

Die Korollen der Randblüten von *Calendula officinalis* hatten im Beginne des Öffnens der Blütenköpfe eine Länge von 6 *mm*. Sie erreichten in 5 Tagen eine Länge von 16 *mm*. Die Korollen erhielten sich durch 10 Tage in völlig frischem Zustande. Hierauf begannen sie zu welken, während gleichzeitig die Früchtchen heranwuchsen.

Die Beobachtungen über den (mittleren) stündlichen Zuwachs und über die (mittlere) Dauer der Korolle der vier genannten Pflanzen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

	Zuwachs pro Stunde	Dauer der Korollen
Korolle von *Geranium pratense*	1·2 *mm*	30 Stunden
» » *Ipomoea purpurea*	1·6 »	10 »
» » *Helianthus annuus*	0·45 »	264 »
» » *Calendula officinalis*	0·08 »	240 »

IV. Richtungsbewegungen der Blüten von Geranium pratense und einiger anderer Geranium-Arten.

Ich habe schon in der Einleitung auf die Lage der Blüten von *Geranium pratense* hingewiesen. So charakteristisch die-

Digitized by Google

selbe ist, so habe ich doch in keinem floristischen Werke oder sonst in einer Schrift, welche die Beschreibung der Geraniaceen zum Gegenstande hat, dieselbe erwähnt gefunden. Andere Lagezustände von Geranienblüten bestimmten aber doch einige Botaniker der systematischen Richtung, dieselben als Merkmale in den Diagnosen der Arten oder Gruppen zu berücksichtigen.

So hat z. B. Koch[1] bei der Charakterisierung der deutschen Geranien solche Arten unterschieden, bei welchen die Blütenstielchen nach dem Verblühen abwärts geneigt sind *(G. palustre, pratense, sibiricum, pyrenaeicum, pusillum, dissectum, columbinum, rotundifolium, molle, lucidum, divaricatum)*, und andere, bei welchen die Blütenstielchen nach dem Verblühen aufgerichtet sind *(G. macrorhizum, nodosum, sylvaticum, aconitifolium, bohemicum)*. Bei *G. phaeum, sanguineum* und *Robertianum* heißt es, daß die Blütenstielchen nach dem Verblühen »etwas abwärts geneigt« seien. Sonst wird von Koch noch *G. argenteum* genannt, bei welcher Pflanze rücksichtlich der Richtung des Blütenstiels überhaupt nichts angegeben ist.

In ähnlicher Weise werden in neueren einschlägigen Werken die Richtungen der Blütenstielchen vor und nach dem Blühen berücksichtigt. Es gehen aber die auf Blüten-, beziehungsweise Fruchtstellung Bezug nehmenden Daten kaum über die genannten, von Koch verwerteten Kennzeichen hinaus und nirgends fand ich, auch nicht in der physiologischen und ökologischen Literatur eine vollständige Beschreibung der Lageänderung der *Geranium*-Blüte von der Anlage an bis zur Fruchtreife, wie ich sie plante und zunächst für *Geranium pratense* durchführte, vor.

In den ersten Entwicklungsstadien, die sich nur mikroskopisch verfolgen lassen, ist die Blütenknospe nach aufwärts gerichtet, ihr Träger (das Blütenstielchen) ist gerade. Weiterwachsend wendet sie sich sukzessive nach abwärts, sie nickt, indem das Blütenstielchen sich nach abwärts krümmt. Auch

---

[1] Koch, Taschenbuch der deutschen und Schweizer Flora, 3. Aufl., Leipzig 1851, p. 103 ff.

Digitized by Google

die ganze Infloreszenz nickt, indem die Infloreszenzachsen ähnliche Krümmungen wie die Blütenstielchen durchmachen. Diese Abwärtskrümmung der Blütenstielchen und der Infloreszenzachsen sind bereits mit freiem Auge wahrnehmbar.

Ich werde erst weiter unten die Ursachen all dieser Krümmungsbewegungen aufzuklären versuchen. Einstweilen gehe ich nur rein deskriptiv vor und will nur an die schon vorgeführten Lageveränderungen jene reihen, welche sich später vollziehen.

Wir haben bis jetzt zwei Lagezustände der Blütenknospen unserer Pflanze kennen gelernt: anfangs sieht die Knospe nach aufwärts, später nach abwärts. Würde in dieser letzteren Lage die Knospe sich öffnen, so würde sie nach abwärts schauen. Aber infolge einer Lageänderung der Blütenstielchen, welche beim Aufblühen sich vollzieht, wird, wie schon mehrmals gesagt, die Blütenapertur vertikal, die Blüte schaut, wenn ich mich so ausdrücken darf, geradeaus.

Es sind zwei Lageänderungen des Blütenstielchens möglich, welche zu dieser Stellung der Blütenapertur führen: entweder wird das Stielchen gerade und die sich öffnende Blüte kommt durch Selbstregulierung in die beschriebene Lage oder das Stielchen ändert seine Krümmung so lange, bis die Blütenapertur vertikal geworden ist. Aber auch in dem ersteren der beiden angenommenen Fälle muß zum mindesten das oberste Ende des Blütenstielchens in den Richtungsprozeß eingreifen, sonst müßte die Blüte nach aufwärts schauen. Die Beobachtung lehrt nun, daß eine Geradestreckung des Blütenstielchens nicht eintritt, dasselbe vielmehr eine neue Krümmung annimmt, bei welcher die Vertikalstellung der Blütenapertur erfolgt.

Diese Stellung wird erst dann erreicht sein, wenn das gekrümmte Stielchen an seinem obersten Ende, wenn auch nur in einer kurzen Strecke, horizontal gerichtet ist. In der Tat steht das obere Stielende in jedem Entwicklungsstadium der Blüte senkrecht zur Blütenöffnung. Daraus möchte man anzunehmen geneigt sein, daß die Blüte weder durch ihr Gewicht noch auf eine andere Art selbsttätig in die Annahme jener Stellung eingreift, welche die vollgeöffnete Blüte einnimmt.

Digitized by Google

Wäre dies richtig, so würde die Lage der Blüte ganz und gar von der Richtungsbewegung des Stielchens abhängig sein. So hat es den Anschein; allein einer aufmerksamen Beobachtung wird es nicht entgehen, daß in schwächerem oder stärkerem Grade die charakteristische Lage der Blüte anfangs überschritten wird, so daß dieselbe, um mich bildlich auszudrücken, anfänglich mehr oder weniger stark ausgeprägt nach oben schaut. Es geschieht dies, wenn die Blüte noch nicht vollkommen geöffnet ist und noch eine glockenförmige Gestalt besitzt. Diese Glocken erheben sich und richten sich erst später, nämlich bei vollkommener Öffnung, so, daß die Apertur der Blüte vertikal wird. Die später wieder rückgängig gemachte Bewegung spricht sich in mehr oder minder starkem Maße aus; dabei erreicht die Blütenachse gewöhnlich nicht die vertikale Richtung und überschreitet diese niemals. Diese Aufrichtungstendenz der Blüte ist um so mehr ausgesprochen, je feuchter die Luft ist. Bei Kultur im absolut feuchten Raume erheben sich die Blütenstiele sehr stark und erreichen manchmal die vertikale Richtung. Wie sich die äußeren Verhältnisse auch immer gestalten mögen, auch im absolut feuchten Raume neigt sich die mehr oder minder aufgerichtet gewesene Blüte wieder so weit, bis die Apertur der Blüte vertikal geworden ist. Wie schon gesagt, es tritt die Erhebung der sich öffnenden Knospe in sehr verschiedenem Grade ein und nicht selten hat es den Anschein, als würde sich diese Erhebung gar nicht einstellen, mit anderen Worten: es scheint, als würde die nach abwärts gekehrte Knospe beim Aufblühen sich nur so weit erheben, bis die Apertur der Blüte vertikal geworden ist.

Aber diese vertikale Stellung der Blütenapertur wird nicht fortwährend eingehalten. Bei Regen und starkem Taufall tritt ein schwaches Nicken der Blüten ein, welches aber bei trockenem Wetter verschwindet. Bei starkem Winde wird die normale Blütenlage in sehr unregelmäßiger Weise verändert, wobei die Blüte gewöhnlich mehr oder weniger nickt, aber bald nachdem die Luft ruhig geworden ist, stellt sich wieder die normale Blütenlage ein.

Wenn man von jenen Fällen absieht, in welchen das anfängliche »Aufwärtsschauen« der Blüte nicht in Erscheinung

Digitized by Google

tritt, weil, wie ich meine, in diesen Fällen die Aufwärtsbewegung so schwach ausgeprägt ist, daß sie sich dem Augenschein entzieht, so nimmt die Blüte, vom ersten Entwicklungsstadium angefangen bis zur Anthese, d. i. bis zum völligen Aufgeblühtsein, vier verschiedene Lagen ein: sie steht zuerst aufrecht, nickt dann, erhebt sich so, daß sie aufwärts sieht, um endlich die Vertikalstellung der Apertur zu erreichen.

Nach vollzogener Befruchtung treten aber neue Lageänderungen ein. Nach Abfall der Krone richtet sich der Stiel wieder nach abwärts. Die nach abwärts gerichtete junge Frucht ändert aber noch vor der Fruchtreife wieder ihre Lage, indem sie sich nach aufwärts krümmt. Diese letztere Bewegung erfolgt aber in zweierlei Weise: entweder so, daß sich der Fruchtstiel vom Gelenke aus erhebt und in diesem Falle gerade gestreckt erscheint, oder indem der Fruchtstiel sich nach aufwärts krümmt.

Wie aus diesen Beobachtungen hervorgeht, nimmt die Blüte im Gange ihrer Entwicklung, vom Knospenzustande angefangen bis zur Fruchtreife, abwechselnd sechs verschiedene Lagen ein (natürlich von den Zwischenlagen abgesehen): dreimal erscheint die Blüte (beziehungsweise die Knospe oder die Frucht) aufrecht, zweimal abwärts gerichtet und einmal so gerichtet, daß die Blütenapertur vertikal gerichtet ist.

Die Lageänderungen der Blüten der anderen oben genannten *Geranium*-Arten konnte ich leider nicht mit derselben Aufmerksamkeit verfolgen. Doch gehen aus meinen Aufzeichnungen immerhin einige interessante einschlägige Resultate hervor.

Geranium palustre scheint sich im wesentlichen so wie *G. pratense* zu verhalten bis auf folgende Besonderheit. Bei freier Exposition bildet diese Pflanze nicht wie *G. pratense* Vorderlichtblüten. Wohl geschieht dies aber, wenn sie bei der Entwicklung der Knospe und später bis zur Anthese konstant einseitiger Beleuchtung ausgesetzt war.

Auch *G. phaeum* scheint sich im wesentlichen ähnlich so wie *G. pratense* zu verhalten. Erstere weicht aber zunächst

Digitized by Google

von letzterer darin ab, daß die Blütenapertur niemals vertikal ist, auch nicht bei einseitiger Beleuchtung, vielmehr ist die Korolle mehr oder weniger stark vorgeneigt, sie schaut, um mich eines früheren bildlichen Ausdruckes zu bedienen, etwas nach abwärts. Denkt man sich an den obersten Punkten der Korolle eine symmetrische Tangierungsebene gelegt, so schließt diese mit dem Horizont einen Winkel bis zu 60 Graden ein. Dazu kommt noch eine andere Eigentümlichkeit, welche ich bei den Blüten der anderen drei *Geranium*-Arten niemals gesehen habe. Wenn die Blüte — nach erreichter Anthese — einen halben oder einen ganzen Tag alt geworden ist, so erscheint jedes Kronenblatt epinastisch gekrümmt, so zwar, daß die Korolle einem flachen Kegel gleicht, dessen Spitze der Mitte der Blüte entspricht.[1]

Wieder anders verhält sich *Geranium Robertianum*. Die Blüten sind im ganzen fortwährend nach oben gerichtet, aber in höchst verschiedener Neigung zum Horizont. Selten wird eine genau aufrechte Stellung erreicht und, soviel ich gesehen habe, niemals eine genau horizontale. Im Vergleiche zu den früher genannten drei *Geranium*-Arten ist der Wechsel der Blütenlage bei *G. Robertianum* der geringste, die schließliche Lage der Blüte aber die wechselvollste.

Die Ursachen der Blütenlage dieser vier Geranien zu entwirren, nämlich nachzuweisen, was spontan und angeboren und was auf äußere Einwirkungen zu setzen ist, bildet einen

---

[1] Wie ich nachträglich dem Werke Knuth's entnehme, ist das oben beschriebene Überneigen der Blüten von *Geranium phaeum* nicht ganz übersehen worden. Es heißt dort (l. c., II, 1. Abt., p. 233) unter Hinweis auf Mac Leod: Die Blüten dieser Pflanze stehen senkrecht und hängen sogar ein wenig über.

Auch die epinastische Krümmung der Blütenblätter von *Geranium phaeum* finde ich an dieser Stelle erwähnt. Es heißt hier unter Bezugnahme auf Kirchner: »Im Anfange der Blüten breiten sich die Kronblätter zu einer Fläche von 22 *mm* Durchmesser aus, schlagen sich aber bald so weit nach hinten zurück, daß der Durchmesser nur noch 18 *mm* beträgt.«

Nach meinen Aufzeichnungen stellt die oben genannte Epinastie sich nach erfolgter Befruchtung ein. Ob diese Epinastie eine Folge der Befruchtung ist, muß ich aber dahingestellt sein lassen, da ich den entscheidenden Gegenversuch nicht machte, welcher darin bestehen müßte, das Verhalten der Blüte bei Ausschluß der Befruchtung zu beobachten.

Digitized by Google

schwierigen Gegenstand, der ohne eingehende experimentelle Studien nicht ergründet werden kann. Derartige Studien konnte ich, wie schon oben erwähnt, in meiner Sommerruhe zu Friesach, wo ich, fern von den Behelfen eines physiologischen Laboratoriums, nur mit den primitivsten Mitteln arbeiten konnte, nicht ausführen. Wohl habe ich den lebhaftesten Wunsch, bei späterer Gelegenheit diese Fragen wieder aufzunehmen und der Lösung näher zu bringen. Allein in meinen Jahren ist es nicht so gewiß, daß ich noch dazu komme. Und so mögen die hier vorzubringenden Bemerkungen über die Ursachen der Blütenbewegungen der Geranien, falls ich sie selbst nicht mehr zu verfolgen in die Lage kommen sollte, zu weiteren Forschungen anregen.

Die nachfolgenden Versuche, die Blütenbewegungen zu erklären, beziehen sich ausschließlich auf *Geranium pratense*.

Die anfängliche Stellung der Blütenknospen ist, soweit es die Raumverhältnisse der tragenden Achse zulassen, eine aufrechte. Das Blütenstielchen ist gerade, es ist, wie man sich jetzt häufig auszudrücken pflegt, autotrop oder, um mit einer anderen Terminologie nicht in Kollision zu geraten, geradlinig-autotrop.

Dieser Lage der Knospe und ihres Trägers folgt sukzessive die nach abwärts gekrümmte Lage, welche, wie man ja ohneweiters sieht, durch die Krümmung des tragenden Stielchens bedingt wird. Die entscheidenden Experimente, wie ich solche früher bezüglich anderer Organe ausführte,[1] konnte ich in Friesach nicht unternehmen. Nach meinen anderweitigen Erfahrungen[2] kann ich mich nicht zu der Ansicht bekennen, daß hier eine Form des positiven Geotropismus vorliege, sondern neige zu der Meinung, daß die Abwärtskrümmung des Stielchens durch die Last der Blütenknospe verursacht werde. Ich habe mich so vielfach davon überzeugt, daß, wenn die Achse einer Pflanze eine relativ große Last an ihrem oberen, weichen, plastischen Ende zu tragen hat — in der Regel eine

---

[1] Wiesner, Studien über den Einfluß der Schwerkraft auf die Richtung der Pflanzenorgane. Diese Sitzungsber., Bd. 111 (1902), p. 733 ff.

[2] L. c. p. 734 ff. und p. 743 ff.

Digitized by Google

Knospe — in solchen Fällen niemals positiver Geotropismus im Spiele ist, sondern immer eine Lastkrümmung. Ich halte also dafür, daß hier eine Lastkrümmung anzunehmen ist. Ich unterscheide zwei Arten der Lastkrümmung, die tote und die vitale. Was ich unter toter und unter vitaler Lastkrümmung verstehe, habe ich bei früherer Gelegenheit auseinandergesetzt.[1]

Ich will nur daran erinnern, daß ich unter toter Lastkrümmung ein Verhalten von Pflanzenorganen verstehe, welche sich, von einer Last in Anspruch genommen, so verhalten wie tote, gewöhnlich wie »fließende« feste Körper, und daß unter vitaler Lastkrümmung jenes Verhalten von Pflanzenorganen zu verstehen ist, bei welchem diese letzteren auf die Wirkung von Belastungen eine im Leben begründete Reaktion ausüben, sei es durch eine Gegenkrümmung, sei es durch eine in Organisationsverhältnissen begründete Fixierung der Krümmung oder auf andere Art.

Wenn ein durch eine Last gekrümmtes Organ bei Umkehrung nicht gleich die entgegengesetzte Krümmung annimmt, so spricht dies noch nicht gegen das Vorhandensein einer toten Lastkrümmung. Denn wenn auch bei großer Biegsamkeit von Pflanzenorganen durch eine Umkehrung der Krümmung die Umkehrung der Lage hervorgerufen werden kann, so ist die Regel doch die, daß der betreffende einer toten Lastkrümmung unterworfene Körper, wie schon angedeutet, sich so wie ein »fließender fester Körper« (Wachs, Blei etc.) verhält, also nur eine langsame Zurückkrümmung zuläßt.

Die Kennzeichen der toten Lastkrümmung treffen hier nicht zu. Ich habe aber in Friesach auch nicht die Mittel gehabt, um eine etwa vorhandene vitale Lastkrümmung direkt nachzuweisen und zu entscheiden, ob bei dieser Abwärtskrümmung nur positiver Geotropismus im Spiele sei.

Aber ich habe Versuche angestellt, welche mit Wahrscheinlichkeit dafür zu sprechen scheinen, daß die Krümmung der Blütenstielchen, welche zum Nicken der Blütenknospen führt, auf vitaler Lastkrümmung beruhe.

---

[1] L. c. p. 734 ff.

Digitized by Google

Läßt man die ganze junge, noch mit Blütenknospen besetzte Infloreszenz vor dem Aufblühen so lange welken, bis die Knospen in jeder Lage der Achse sich nach abwärts richten, also die einseitige Krümmung, welche im normalen Zustande durch die Last der Knospe hervorgerufen wurde, aufgehoben und in die entgegengesetzte umgewandelt erscheint, taucht man sodann den welken Blütenstand unter Wasser, bis er wieder turgesziert, so nehmen die Blütenstiele wieder jene Krümmung an, welche sie im Leben eingenommen hatten. Bei einiger Vorsicht und mit dem erforderlichen Geschick gelingt es, zu zeigen, daß sich die gekrümmten Blütenstielchen genau so verhalten wie die nickenden Glieder der Infloreszenzachse. Auch hier tritt die Krümmung der schlaff gewordenen, gerade gestreckten, durch Belastung nach jeder Richtung hin biegsam gewordenen Gebilde wieder ein, sobald man sie durch Untertauchen in Wasser wieder turgeszent gemacht hat.

Während der im Leben vor sich gegangenen Krümmung müssen in den Zellen, und zwar entweder in deren Membranen oder in ihrem Protoplasma oder in beiden Veränderungen eingetreten sein, welche durch Aufhebung des Zellturgors nicht zum Verschwinden gebracht werden können.

Nach all den Versuchen, welche ich mit durch tote Lastkrümmung hervorgerufenen Organen angestellt habe, möchte ich schließen, daß wir in den Krümmungen der Blüten von *Geranium pratense* keine tote Lastkrümmung vor uns haben. Es sind offenbar während des Lebens der betreffenden jugendlichen, im plastischen Zustande befindlichen Stengelorgane während der Abwärtskrümmung Veränderungen vor sich gegangen, welche als Reaktion des lebenden Organismus auf die sich einstellende Krümmung aufzufassen sind, Veränderungen, welche durch Welkung verschwunden zu sein scheinen, aber faktisch nicht aufgehoben wurden.

Es ist deshalb wohl wahrscheinlich, daß hier eine vitale Lastkrümmung vorliegt. Eine solche stellt sich nach zahlreichen von mir angestellten Beobachtungen, wie schon bemerkt, ungemein häufig ein, wenn ein derartiges jugendliches, plastisches Stengelglied durch einen schwereren, an seinem oberen

Digitized by Google

Ende befindlichen Körper — hier durch eine Blütenknospe — belastet wird.[1] Allein ob eine Lastkrümmung hier faktisch vorliegt, kann, wie schon gesagt, nur durch das Experiment mit Sicherheit entschieden werden.

Ich möchte aber hier versuchen, zu zeigen, daß das vorgeführte Verhalten der gewelkten und später wieder zur Turgeszenz gebrachten Blütenstiele mit Wahrscheinlichkeit darauf schließen läßt, daß hier keine tote Lastkrümmung vorliegt.

Wenn ich analoge Versuche mit in toter Lastkrümmung befindlichen Organen anstelle, so komme ich nicht zu dem gleichen Resultate, wohl aber, wenn ich mit Organen experimentiere, bei welchen ich mich auf exakte Weise überzeugt habe, daß sie einer vitalen Lastkrümmung unterliegen, z. B. mit den Blütenstielen des Mohns *(Papaver Rhoeas)*.[2] Ich beobachtete, daß bereits deutlich durch die Last gekrümmte Blütenstiele des Mohns, nachdem sie im welken Zustande in jeder Lage durch das Gewicht der Knospe zur Abwärtskrümmung zu bringen sind, nach Herstellung des ursprünglichen Turgors wieder jene Krümmung annehmen, welche im Beginne des Versuches vorhanden war.

Ich habe ferner mit mehreren heliotropisch oder geotropisch oder infolge spontaner Nutation gekrümmten Organen derartige Welkungsversuche vorgenommen und habe hierbei zweierlei beobachtet: entweder wird durch die Welkung die Krümmung nicht aufgehoben (geotropisch gekrümmte Keimwurzeln von Mais etc.; geotropisch gekrümmte Keimstengel von *Phaseolus*, nutierende Sproßspitzen derselben Pflanze etc.) oder aber sie wird aufgehoben, aber es gelingt an den schlaffen, nach allen Richtungen zum Überhängen geeigneten Organen nicht mehr oder nur in geringem Grade, durch Zuführung von Wasser die ursprüngliche geotropische oder heliotropische Krümmung hervorzurufen (Keimstengel von *Lepidium sativum*, *Helianthus annuus* etc.).

Es hat nach den bisher durchgeführten Untersuchungen den Anschein, als würde das vorgeführte Verhalten, nämlich

---

[1] Wiesner, Studien über den Einfluß der Schwerkraft etc., l. c.

[2] L. c., p. 747 ff.

Digitized by Google

die durch neu eingeleiteten Turgor erfolgende, rasch eintretende und vollständig sich vollziehende Wiederherstellung der ursprünglichen Krümmung eines Organes nach Aufhebung derselben durch Welkung, auf das Vorhandensein von vitaler Lastkrümmung hinweisen.

Es wird aber erst zu untersuchen sein, ob das vorgeführte Verhalten als ein sicheres Anzeichen einer vitalen Lastkrümmung zu betrachten ist. Vor allem möchte ich aus den wenigen Versuchen über das Verhalten zum Welken gebrachter heliotropisch oder geotropisch gekrümmter Stengel, beziehungsweise Wurzeln noch nicht ableiten, daß alle derartigen Organe sich stets so verhalten wie die oben genannten. Und auch die spontan nutierenden wären diesem Verfahren zu unterziehen, obwohl ich kaum zweifeln möchte, daß dieselben sich stets so verhalten, wie ich es oben beschrieb. Zur Entscheidung dieser Fragen müßten viel umfassendere Untersuchungen angestellt werden. Aus den wenigen von mir unternommenen ergibt sich das abgeleitete Resultat nur mit Wahrscheinlichkeit.

Ich leite also aus meinen Versuchen bloß mit einiger Wahrscheinlichkeit ab, daß die erste Abwärtskrümmung der die Blütenknospen tragenden Stielchen auf vitaler und nicht auf toter Lastkrümmung beruhe. Die Möglichkeit einer geotropischen Abwärtskrümmung ist aber nicht ausgeschlossen. Wie schon bemerkt, war ich in Friesach nicht in der Lage, die erforderlichen beweisenden Experimente durchzuführen.

Ich habe ferner die Wahrnehmung gemacht, daß das Welken der Infloreszenzachsen des genannten *Geranium* rascher erfolgt, wenn man an den abgeschnittenen, mit Blütenknospen besetzten Sprossen die Laubblätter beläßt. Diese entreißen den Blütenachsen einen Teil des Wassers. In minderem, aber doch noch nachweisbarem Grade erfolgt eine solche Absaugung von Wasser auch an der lebenden Pflanze, insbesondere unter den Bedingungen starker Transpiration und ungenügender Bodenfeuchtigkeit. Es ist hieraus zu entnehmen, daß durch diesen Absaugungsprozeß (»absteigender Wasserstrom«) das Nicken der Blütenknospen auch an der lebenden,

Digitized by Google

im Boden wurzelnden Pflanze befördert wird. Würde das Nicken der Blütenstiele durch positiven Geotropismus erfolgen, so würde die Absaugung des Wassers denselben nicht nur nicht befördern, sondern geradezu schwächen, da alle Formen der paratonischen Nutation unter sonst gleichen Umständen am kräftigsten bei stärkstem Turgor eintreten.

Der während der Abwärtskrümmung der Blütenknospen herrschende Zustand der Plastizität der Blütenstiele (und der Infloreszenzachsen) verringert sich mit der Weiterentwicklung der Blüte immer mehr und mehr. In dem Wachstumsstadium der Stiele, in welchem die Knospe sich öffnet, nehmen dieselben einen anderen physiologischen Charakter an; sie werden, wenn auch im geringen Grade, negativ geotropisch.[1]

Daß die anfangs hängende Knospe im aufgeblühten Zustande die hier schon oft genannte normale Stellung annimmt, kommt unter Mitwirkung von negativem Geotropismus der Blütenstiele zu stande, der sich bei starker Turgeszenz der letzteren am kräftigsten betätigt. Denn nur so läßt sich die schon oben angeführte Tatsache erklären, daß beim Öffnen der Blüten im absolut feuchten Raume die glockenförmig geöffneten Blüten sich so weit erheben können, daß die Blütenapertur schief oder genau nach oben gewendet erscheint.

Wie es kommt, daß die Apertur der völlig geöffneten Blüte in die vertikale Lage gelangt und in dieser während der Anthese verharrt, ist eine schwierige Sache, welche ich noch nicht genügend aufzuklären vermag. Aber so viel ist sicher, daß bei den Blüten von *Geranium pratense* und wohl bei allen »Vorderlichtblüten« eine Ruhelage, ein Gleichgewichtszustand, sich einstellt, wenn die Blütenblätter sich (angenähert) in einer vertikalen Ebene ausbreiten. Es liegt am nächsten, anzunehmen, daß hier zwei antagonistische Kräfte sich ins Gleichgewicht setzen: die durch die Last der Blüte verursachte Abwärtsbewegung des Stielchens und die durch den negativen Geotropismus bedingte Aufwärtsbewegung derselben. Aber diese Aufstellung müßte erst durch das Expe-

[1] Inwieweit dabei auch positiver Heliotropismus nachzuweisen ist, wird erst weiter unten erörtert werden.

Digitized by Google

riment sichergestellt werden. Andere Möglichkeiten will ich hier nicht weiter in Betracht ziehen.

Wenn man während des Blühens die Sprosse so richtet, daß die normale Stellung der Blüten aufgehoben wird, so findet man, daß nach einiger Zeit die normale Stellung wieder hergestellt wird. Es kommt dies unter Mitwirkung der Knoten der Sprosse zu stande. Die Sprosse von *Geranium pratense* sind wie Grashalme gegliedert: Knoten und Stengelglieder wechseln miteinander ab. Wie die Grasknoten, so sind auch diese Knoten negativ geotropisch. Werden die blühenden Sprosse horizontal fixiert, so tritt einer oder es treten einige der Knoten derart in Aktion, daß die Blüte nahezu in die normale Stellung kommt und alsbald diese unter Mitwirkung des Blütenstiels erreicht wird.

Daß die Blüten von *Geranium pratense* durch positiven Heliotropismus der Blütenstandsachsen sich dem Lichte zuwenden, kann nicht zweifelhaft sein, wenn man die Pflanze auf Standorten beobachtet, auf welchen sie einseitig stark beleuchtet ist, z. B. am Waldrande oder an einer Mauer, einem Zaune u. dergl., wo ihr das Licht von der einen Seite reichlich zufließt, während sie von der anderen Seite nur ein sehr schwaches Licht empfängt. An solchen Standorten ist der relative Lichtgenuß der Pflanze nahezu gleich $\frac{1}{2}$. Hier sieht man sehr auffällig, daß alle Blüten der Pflanze gegen das Licht gewendet sind; selbst die ihrer Anlage nach an der Rückseite der Infloreszenzachsen inserierten erscheinen in der Anthese nach vorn gewendet.

In welcher Weise der Heliotropismus eingreift, um dieses Wenden aller Blüten der Pflanze zum Lichte zu bewirken, ist nicht so ohneweiters einzusehen. Die Blüten selbst verhalten sich hierbei selbstverständlich völlig passiv. Ihre unmittelbaren Träger, die Blütenstielchen, sind nur in sehr geringem Grade heliotropisch, sie tragen durch diese Eigenschaft zum Wenden der Blüten zum stärksten Lichte hin nichts oder nur sehr wenig bei. Dieses bewirken die älteren Blütenstandsachsen, welche in weit höherem Maße heliotropisch sind. Sie neigen sich heliotropisch nach dem stärksten Lichte hin und bewirken, daß alle

Digitized by Google

Blütenknospen nach der Lichtseite überhängen. Indem nun die sich öffnenden Blüten in der früher geschilderten Weise sich erheben und ihre Aperturen vertikal stellen, müssen alle Blüten nach dem stärksten Lichte hinschauen. Das Überhängen der Blütenknospen nach dem Lichte hin wird also dadurch befördert, daß infolge des Heliotropismus der älteren Teile der Infloreszenzachsen deren jüngere Teile sich selbstverständlich gleichfalls zum Lichte kehren und damit gewissermaßen die Knospen mitnehmen.

Wie schon oben genauer auseinandergesetzt wurde, ist *Geranium pratense* gewöhnlich einem relativen Lichtgenuß = 1 ausgesetzt. Die Pflanze ist frei exponiert, erhält von allen Seiten her reichlich Licht und es ist hier ohne Messung nicht leicht, zu entscheiden, ob jede einzelne Blüte sich gerade dem stärksten Lichte zuwendet. Aber der Umstand, daß alle blütentragenden Seitensprosse nach außen gekehrt, mithin dem Außenlichte zugewendet sind, lehrt, daß jede Blüte ein relativ starkes Licht empfängt. Wenn man photometrisch vorgeht, so findet man indes, daß viele Blüten nicht gerade immer dem stärksten Licht des ihnen zugemessenen Lichtareals zugewendet sind. Aber bei einseitiger Beleuchtung, wenn also große Unterschiede der Lichtintensität auf der Licht- und Schattenseite herrschen, erfolgt, wie wir gesehen haben, das Wenden der Blüten stets nach der Richtung des stärksten diffusen Lichtes. Hier kommt auch in gewissem Grade der Heliotropismus der Blütenstiele zur Geltung.

Wie ich schon bei einer früheren Gelegenheit nachgewiesen habe, kann man, ähnlich wie bei den Laubblättern, zunächst photometrische und aphotometrische Blüten unterscheiden.[1] Aber, wie ich damals zeigte, lassen sich in Analogie zu den Laubblättern unter den ersteren solche finden, welche sich senkrecht auf das stärkste ihnen zufließende diffuse Licht stellen (euphotometrische Blüten), und solche, welche allerdings eine große Menge diffusen Lichtes aufzunehmen im stande sind, aber doch so gestellt sind, daß sie das

[1] Wiesner, Die Stellung der Blüten zum Lichte. Biol. Zentralbl, 1901, p. 801 ff.

Digitized by Google

stärkste direkte Sonnenlicht abwehren (panphotometrische Blüten). Die Vorderlichtblumen habe ich damals in die letztere Kategorie gestellt und es ist leicht einzusehen, daß die Blüten von *Geranium pratense* infolge der Vertikalstellung ihrer Blütenapertur den Charakter panphotometrischer Blüten haben, sich also so wie andere Vorderlichtblumen verhalten.

Aus obiger Darstellung ergibt sich aber auch, daß die Blüten von *Geranium pratense* bei freier Exposition sich panphotometrisch verhalten, aber bei einseitiger Beleuchtung das Licht ökonomischer ausnützen, also sich dem euphotometrischen Typus nähern.

Zum Schlusse möchte ich noch versuchen, die Ergebnisse meiner Untersuchungen über die Ursachen der Lagezustände der Blüten von *Geranium pratense* kurz zusammenzufassen.

1. Die anfänglich aufrechte Stellung der Blütenknospen ist auf Autotropismus zurückzuführen.

2. Das hierauf folgende Nicken der Blütenknospen kommt wahrscheinlich durch vitale Lastkrümmung zu stande.

3. Die sich sodann einstellende Aufrichtung der sich öffnenden Blüten beruht auf negativem Geotropismus der Blütenstiele.

4. Die in der Anthese der Blüte zu stande kommende merkwürdige Vertikalstellung der Blütenapertur ist eine Gleichgewichtslage, welche ich auf das Zusammenwirken von negativem Geotropismus und Lastwirkung der Blüte zurückzuführen versuchte, ohne hiefür aber noch den sicheren Beweis führen zu können.

5. Das sich im Beginn der Fruchtbildung einstellende Nicken der Blüte beruht wahrscheinlich auf einer epinastischen Krümmung.

6. Die schließliche Aufrichtung der heranwachsenden Frucht hat negativen Geotropismus zur Ursache. Diese geht entweder von den Gelenksknoten aus oder von der geotropischen Krümmung des Fruchtträgers. Unter welchen Bedingungen das erstere und unter welchen das letztere geschieht, bleibt ebenso weiteren Untersuchungen vorbehalten wie die Beantwortung der in diesem Resumé offen gelassenen Fragen.

Digitized by Google

Untersuchungen über den Bau der parasitischen Turbellarien aus der Familie der Dalyelliiden (Vorticiden).

I. Teil.

Die Genera Anoplodium, Graffilla und Paravortex

von

Dr. **Bruno Wahl** (Wien).

Mit 4 Tafeln und 6 Textfiguren.

(Vorgelegt in der Sitzung am 1. Februar 1906.)

Als im Jahre 1903 die Arbeit meines früheren Vorstandes L. v. Graff über »Die Turbellarien als Parasiten und Wirte« (8.) erschien, machte ich auf seine dankenswerte Anregung hin es mir zur Aufgabe, unsere Kenntnisse über parasitische Turbellarien noch mehr zu erweitern. Zu diesem Zwecke weilte ich im Frühjahre wie im Herbste des Jahres 1903 an der k. k. zoologischen Station in Triest und während der Osterzeit des darauffolgenden Jahres an der zoologischen Station in Neapel, wobei es mir gelang, eine Anzahl nur ungenügend bekannter, sowie auch neuer Arten zu finden und das Material zu ihrer Bearbeitung in genügender Menge zu sammeln und zu konservieren.

Es sei mir an dieser Stelle vor allem gestattet, einer hohen Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien für Gewährung eines Reisestipendiums und einem hohen k. k. Ministerium für Kultus und Unterricht sowie dem Kuratorium der k. k. zoologischen Station in Triest für Verleihung der Arbeitsplätze an der Neapeler, beziehungsweise an

Digitized by Google

der Triester Anstalt meinen ergebensten Dank auszudrücken, desgleichen aber auch den Leitern der beiden Stationen, Herrn Geheimrat Prof. Dohrn und Herrn Prof. C. J. Cori, und nicht minder den Herren Prof. Eisig, Dr. Lo Bianco und Dr. A. Steuer für ihre gütige Fürsorge während meines Aufenthaltes in Triest, beziehungsweise in Neapel.

Ich habe zahlreiche Tierspezies auf parasitische Turbellarien untersucht und werde über die Wirtstiere, in welchen ich derartige Parasiten fand, bei Gelegenheit der Besprechung der letzteren berichten, möchte hier aber nicht versäumen, auch jene Formen namentlich anzuführen, welche ich vergeblich nach solchen Schmarotzern durchsuchte.

Es waren dies zahlreiche *Cucumaria Planci* Br. und *Aspidosiphon* spec., sowie einige *Sipunculus nudus* L., *Synapta digitata* Müll. und *Bonellia viridis* Rol. in Triest, ferner in Neapel 17 *Stichopus regalis* Sel., 4 *Holothuria Sanctori* Delle Chiaje, 8 *Holothuria impatiens* Gm., 25 *Cucumaria Grubei* v. Marenzeller, 10 *Cucumaria syracusana* Sars, 7 *Phyllophorus urna* Grube, 5 *Synapta digitata* Müll., 26 *Echinocardium cordatum* Gray, 20 *Sipunculus nudus* L., 1 *Sipunculus tesselatus* Kef., 15 *Aspidosiphon Mülleri* Dies., 10 *Cardium tuberculatum* L., 3 *Mytilus edulis* L., 14 *Solen ensis* L., 1 *Solen vagina* L., 32 *Lima hians* Lov., 23 *Tellina nitida* Poli, 3 *Aplysia depilans* Gm., 1 *Aplysia punctata* Cuv. und 4 *Murex brandaris* L.; sie alle enthielten keine parasitischen Turbellarien.

Die Vollendung dieser schon vor so geraumer Zeit begonnenen Arbeit hat sich leider durch meine Übersiedlung von Graz nach Wien über Erwarten verzögert und habe ich aus diesem Grunde mich nunmehr auch entschlossen, die bereits fertiggestellten Abschnitte als ersten Teil zu veröffentlichen, um nicht noch länger mit der Publikation warten zu müssen. Der vorliegende Teil enthält die Beschreibung der Gattungen *Anoplodium*, *Graffilla* und *Paravortex*, welch letzterem neu aufgestellten Genus ich das unter dem Namen *Macrostomum scrobiculariae* Graff bekannte Tier unterstelle, mit dem ich auch den *Provortex tellinae* Graff identifizieren zu können glaube.

Digitized by Google

Der zweite Teil, den ich bald folgen lassen zu können hoffe, wird die Beschreibung einer neuen Art des von Dörler (5) aufgestellten Genus *Collastoma* aus dem Darm von *Phymosoma granulatum* F. S. Leuck. enthalten sowie diejenige einer neuen Gattung und Art aus dem Darme von *Holothuria Forskalii* Delle Chiaje, welche ich *Umagilla forskalensis* benennen will und die der Gattung *Anoplodium* sehr nahe steht, sich aber insbesondere durch die Paarigkeit der Keimstöcke und eine andere Form der Hoden davon anatomisch unterscheidet. Übersichtsbilder dieser beiden neuen Arten habe ich auf der ersten Tafel dieses Teiles gebracht, wo ich sämtliche kolorierte Figuren aus Zweckmäßigkeitsgründen vereinigt habe (vergl. Fig. 9 bis 11).

Als Konservierungsmittel gebrauchte ich in erster Linie konzentrierte Lösungen von Sublimat in einer $^3/_4$prozentigen Kochsalzlösung oder in Seewasser, welche ich heiß und meist mit Zusatz von einigen Tropfen Essigsäure anwandte, ferner das Lang'sche Sublimat-Essigsäuregemisch, Flemming's starke Chromosmiumessigsäure, sowie Pikrinessigsäure nach Boveri, von denen mir die Sublimatgemische im allgemeinen die besten Resultate gaben. Die in Alkohol gehärteten und aufbewahrten (bei Sublimatfixierung vorher mit Jod behandelten) Objekte färbte ich vor der Einbettung in Paraffin durch Zusatz von einigen Tropfen einer einprozentigen wässerigen Bordeauxlösung zum 95prozentigen Alkohol, um selbe beim Schneiden leichter sehen und orientieren zu können. Diese Bordeauxfärbung wäscht sich aus den Schnitten leicht in Alkohol wieder aus. Die 3 bis 5 μ dicken Schnitte wurden stets mit Wasser im Thermostaten bei einer Temperatur von 35 bis 45° C. auf Objektträgern aufgeklebt, welche vorher mit einer minimalen Menge von Eiweißglyzerin bestrichen worden waren; das Paraffin wurde schließlich vor der Lösung in Xylol durch Erhitzen bis zum Schmelzen erwärmt und hielten derartig behandelte Serien vortrefflich fest.

Zur Färbung der Schnitte gebrauchte ich das Delafield'sche oder auch das Ehrlich'sche Hämatoxylin mit Eosinnachfärbung, Ehrlich's Hämatoxylin- Van Gieson (Pikrinsäure-Fuchsin S.) und insbesondere das Benda'sche Eisenhämatoxylin,

Digitized by Google

verbunden mit Kongorot, Orange G oder Eosin. Speziell zur Erkennung der Basalkörper der Epithelzilien war die genannte Eisenhämatoxylinmethode sehr günstig, zur Darstellung der Basalmembran die Färbung von Längsschnitten nach Van Gieson, wenn sich bei diesen Tieren auch die Basalmembran nicht so schön und leuchtend rot färbt, wie dies beispielsweise bei den Trematoden der Fall ist.

Zur Übersicht der Anatomie waren lebende Tiere zum Studium am geeignetsten, außerdem erhielt ich auch durch die Färbung konservierter Tiere mit Bordeaux (Zusatz einiger Tropfen der wässerigen Lösung zum 95prozentigen Alkohol) recht hübsche und brauchbare Präparate, denen ich in vielen Fällen den Vorzug geben möchte vor solchen, die mit Kernfarbstoffen, wie Hämatoxylin oder Karmin, tingiert waren. Die Färbung mit Methylenblau intra vitam habe ich bei *Anoplodium parasita* gleichfalls versucht, doch ohne besondere Beobachtungen hiebei machen zu können. Die Mazeration frischer Individuen dieser Art in einer verdünnten Salpetersäurelösung gab mir einzelne Muskelfasern isoliert zu erkennen.

I. Anoplodium Ant. Schneider.

Dalyelliide[1] mit einem im vorderen Körperabschnitte gelegenen kugeligen, kleinen Pharynx, unpaarem, asymmetrischen Keimstock und davon getrennten, geweihartig verzweigten Dotterstöcken; Hoden unregelmäßig gelappt, Geschlechtsöffnung terminal.

(Alle mit Sicherheit bekannten Arten dieser Gattung sind Bewohner der Leibeshöhle von Holothurien.)

Die Anatomie dieses Genus ist durch die Untersuchungen Anton Schneider's (19, 20), O. Schmidt's (18) und L. v. Graff's (7) in der Hauptsache bekannt, das Gehirn dieses Turbellars wurde von Böhmig (2, p. 81) beobachtet und so habe ich nur einen wichtigen Punkt zur Anatomie noch nachzutragen, der von allen Autoren bisher übersehen wurde, nämlich das Vorhandensein eines Ductus communis, womit ich einen

[1] Vergl. 9, p. 131.

Digitized by Google

Gang bezeichne, welcher parallel zur Vagina von der Bursa seminalis (oder, wie die Autoren sie häufig nennen, vom Receptaculum seminis) nach hinten verläuft und in das stielartige Ende des Uterus führt, nahe der Einmündung des letzteren Organes in das Atrium genitale (vergl. Textfigur 1).

In die Bursa seminalis *(bs)* münden also Keimstock *(K)* und Dotterstöcke, beziehungsweise deren Ausfuhrgänge *(Dg)*, ferner die Vagina *(V)* und der eben genannte Ductus communis *(dc)*. Letzterer ist in Schnitten leicht erkennbar, hingegen bekam ich ihn an Quetschpräparaten des lebenden Tieres nur ein einziges Mal zu Gesicht, nämlich bei einem Exemplar der hier neu beschriebenen Art *Anoplodium gracile* (Fig. 7), da gerade noch der Stiel einer neugebildeten Eikapsel in diesem Ductus gelegen war. Aus Längsschnitten ergibt sich also für diese Gattung ein Schema des Geschlechtsapparates, wie es in der Textfigur 1 dargestellt ist.

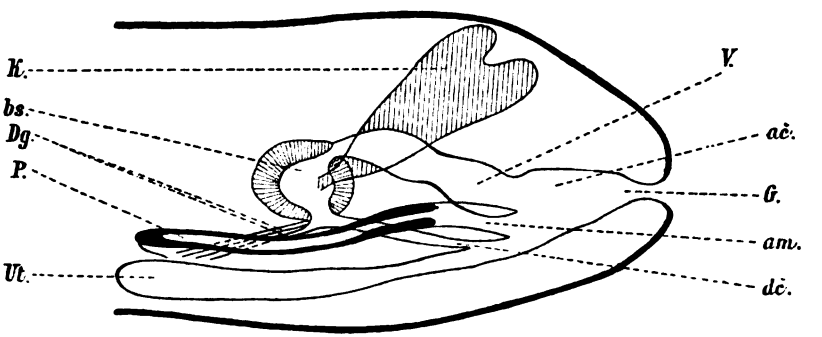


Fig. 1.

Schematische Profilansicht des Geschlechtsapparates von *Anoplodium parasita* Ant. Schneider. 150fache Vergrößerung.

Die beiden von mir gefundenen Arten dieses Genus sind ungefärbt oder doch nur ganz schwach getönt — schmutzig gelblichweiß. Auch in anatomischer Beziehung sind keine Unterschiede nachweisbar, nur histologisch sind kleine Differenzen vorhanden, speziell in der Ausbildung der Muskulatur, die ich im histologischen Teile erwähnen werde und welche sich auch in der Verschiedenheit der Bewegungen beider Arten ausprägen, worauf ich noch zurückkommen will. Da ich die

Digitized by Google

Histologie beider Arten nebeneinander beschreiben kann, so möchte ich nunmehr zunächst die statistischen Daten über diese Formen hier vorbringen sowie dasjenige, was über ihren äußeren Habitus und ihre Biologie noch zu sagen erübrigt.

Den von Monticelli (16) in der Leibeshöhle der *Holothuria impatiens* Forsk. gefundenen Parasiten *(Anoplodium Graffi)* habe ich leider nicht wieder zu finden vermocht; allerdings war die Zahl dieser Seewalzenart, welche ich untersuchte, nicht groß. Auch in *Cucumaria Planci* Br. habe ich das von dem genannten Autor erwähnte Turbellar nicht wiedergefunden und kann daher seine spärlichen Mitteilungen über diese beiden Arten leider nicht ergänzen.

Anoplodium parasita Ant. Schneider.

Diese Art fand ich in ganz ungeheuren Mengen in Triest sowie an der istrianischen Küste der Adria, bei Umago und bei Pirano. Der Wirt, *Holothuria tubulosa* Gm., findet sich daselbst allenthalben in großen Mengen am Meeresboden in nicht allzu bedeutender Tiefe und kann entweder mit dem Schleppgrundnetz oder bei ganz ruhiger See auch mit der Zange gefangen werden. In einer einzigen Holothurie können bis über 100 Parasiten enthalten sein und nur selten wird man in jenen Gegenden des Meeres eine dieser Seewalzen völlig infektionsfrei finden. Die Durchschnittszahl der Schmarotzer in einer Holothurie dürfte bei 10 oder 12 sein. In Neapel fand ich von 27 Wirtstieren 17 infiziert mit zusammen 59 Turbellarien, wobei die Höchstzahl in einem 16 betrug. Danach ist also im allgemeinen der Prozentsatz der Schmarotzer im Golfe von Triest höher als in jenem von Neapel. Ich glaube, daß dies damit zusammenhängt, daß in der ersteren Fundstätte auch die Holothurien häufiger zu sein scheinen und infolge des dichten Beisammenlebens dieser die Parasiten besserer Existenzbedingungen sich erfreuen, indem sie stets sehr leicht eine Seewalze finden, welche sie sich zu ihrem Aufenthalte erwählen können. Es erscheint mir überhaupt wahrscheinlich, daß mit der Häufigkeit eines Wirtes auch der Prozentsatz seiner Parasiten wächst, weil die Nachkommen jedes einzelnen Schmarotzers dann

Digitized by Google

minder Gefahr laufen, selbst keinen Wirt zu finden und infolgedessen zu Grunde zu gehen.

In Fig. 12 sind Bewegungszustände dieses Tieres dargestellt, welche die so mannigfachen Formen desselben bei seinen stetigen Kontraktionen wiedergeben; es erscheint bald langgestreckt, bald zu einer ellipsenförmigen Gestalt zusammengezogen, bald vorn, bald hinten oder auch in der Mitte eingeschnürt; die Bemerkung Monticelli's (16, p. 255), daß es stets nur rückwärts verschmälert erscheine, ist nicht ganz zutreffend, wenngleich dies auch der häufiger vorkommende Fall sein mag. In der Ruhe ist es mehr oder minder oval. Seine Bewegungen sind zwar lebhaft, aber gleichmäßig und nie ruckweise. Die Größe beträgt bis über 2 *mm* Länge und bis zu $1\ ^1/_2$ *mm* Breite.

In *Holothuria Polii* Delle Chiaje fand Monticelli (16) im Neapeler Golf ein *Anoplodium*, das er aber nicht genauer beschrieben noch auch genau untersucht hat und *Anoplodium pusillum* benannte. Auch ich fand in der bezeichneten Holothurienart sowohl in Triest als in Neapel Anoplodien (vergl. 8, p. 33), aber dieselben zeigten Eigenschaften, welche jenen von Monticelli angeführten geradezu entgegengesetzt sind, soweit die Verschiedenheit nicht etwa dadurch sich erklären ließe, daß dieser Autor Jugendstadien vor sich gehabt hat, welche stets einige der von ihm erwähnten Merkmale besitzen, daß nämlich die Dotterstöcke nicht so stark und mächtig ausgebildet sind, hingegen um so mehr die Hoden; desgleichen kann ich die hervorgehobene lichtere Färbung der Eikapseln, welche Monticelli ebenfalls als ein charakteristisches Kriterium seiner neuen Art anführt, nicht als ein essentielles Kennzeichen einer Spezies anerkennen, da ich die Beobachtung gemacht habe, daß eben erst gebildete Eikapseln stets durch eine derartige lichtere Farbe ausgezeichnet sind, ja anfänglich sogar völlig farblos erscheinen und erst allmählich sich die Kapselwand dunkelgelb färbt.

Was aber der italienische Autor bezüglich der Größe und der Bewegungsart der von ihm in *Holothuria Polii* gefundenen Anoplodienart erwähnt, schiene mir viel eher auf die zweite von mir gefundene und hier beschriebene Art zu passen, auf

Digitized by Google

die Anoplodien aus der Leibeshöhle von *Holothuria Forskalii* Delle Chiaje, so daß ich fast vermuten möchte, daß Monticelli jene beiden Holothurienarten miteinander verwechselt hat, also sein *Anoplodium pusillum* ein Parasit der *Holothuria Forskalii* wäre. Wer die Literatur über die europäischen Arten der Seewalzen kennt, weiß, wie oft schon die unter den Namen *Polii, atra, stellata, glabra, catanensis, Helleri, affinis* und *Forskalii* beschriebenen Arten verwechselt und in der mannigfachsten Weise wieder identifiziert wurden, und halte ich dafür, daß selbe noch einer gründlichen Revision in systematischer Beziehung bedürften; allerdings werden sich mehrere der ältesten Arten heute vielleicht nicht mehr mit Sicherheit wieder erkennen lassen, da ihre ursprünglichen Diagnosen sich nur auf rein äußerliche, wenig konstante Merkmale stützen und daher ungenügend sind. Infolge dieser Unklarheiten wäre es aber leicht möglich, daß Monticelli jene Holothurienart, welche ich für die *Holothuria Forskalii* hielt, als *Holothuria Polii* ansprach. Ich hatte leider nicht Zeit und Gelegenheit, mich in das gewiß dankenswerte Studium der Seewalzenarten des Mittelmeeres näher einzulassen und so möchte ich hier nur einige Anhaltspunkte geben, auf Grund deren es möglich sein wird, die von mir mit Erfolg auf Parasiten untersuchten Arten dieser Gattung an Ort und Stelle wieder zu erkennen, ohne aber auf eine erschöpfende Artdiagnose derselben mich einzulassen.

Auf die *Holothuria tubulosa* brauche ich hiebei, wie ich glaube, nicht einzugehen, da diese Art genügend scharf umschrieben erscheint. Hingegen habe ich die beiden Arten *Holothuria Polii* und *Forskalii* in folgender Weise auseinander zu halten gesucht: *Holothuria Forskalii* ist kenntlich an seinem gelben Hautpigmente, welches bei Berührung sehr stark abfärbt und in Alkohol ausgezogen wird, an den mehr oder minder dunklen, nie aber weißen Spitzen seiner Ambulakralfüßchen, an seiner weichen und hinfälligen Haut sowie an der auffällig geringen Anzahl von Kalkkörpern in derselben, die eine Form zeigen, wie sie in Textfigur 2 α abgebildet ist. Dem entgegen hat die *Holothuria Polii* eine derbe und viel konsistentere Haut, weiße Spitzen der Füßchen und zahlreiche, meist wohlausgebildete, glatte, schnallenförmige Kalkkörper vom

Digitized by Google

Typus β; außerdem fand ich auch in Neapel einige Exemplare der *Holothuria Polii*, welche infolge von Kalkarmut nur eine geringe Anzahl von Kalkkörperchen besaßen, zwar auch nach dem Muster der schnallenförmigen gebaut, aber verhältnismäßig nur selten wohlausgebildet, meist rudimentär (δ); gleicherweise waren hier auch die Kalkplättchen an den Enden der Ambulakralfüße anders geartet (ε) als bei normalen Individuen (γ). In diesen kalkarmen Individuen fand ich aber niemals Parasiten.

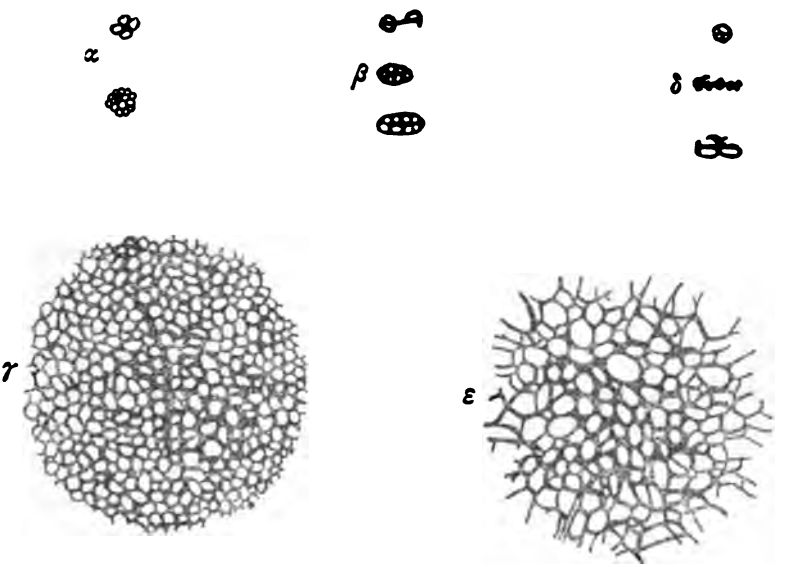


Fig. 2.

Kalkkörper von *Holothuria Forskalii* (α) und von *Holothuria Polii* (β—ε); α, β und δ der Haut, γ und ε der Ambulakralfüßchen. 100fache Vergrößerung.

Da aber meine Anhaltspunkte für die gemutmaßte Verwechslung der beiden Holothurienarten von Seite Monticelli's mir nicht ausreichend erscheinen, um selbe als eine feststehende Sache darzustellen, habe ich die von mir in der *Holothuria Forskalii* gefundene Anoplodiumart neu benannt, auf die Gefahr hin, die Zoologie dadurch um ein überflüssiges Synonymum bereichert zu haben.

Das in der *Holothuria Polii* lebende Turbellar kann ich höchstens als eine Varietät des *Anoplodium parasita* gelten

Digitized by Google

lassen. Ich fand dasselbe zu Neapel in 10 unter 15 untersuchten Wirten in einer Gesamtzahl von 64 Stück; eine Holothurie enthielt 16, eine sogar 18 Schmarotzer; in Triest, wo die *Holothuria Polii* gleichfalls, wenn auch nicht allzu häufig vorkommt, fand ich auch einige Exemplare dieses Schmarotzers. Anatomisch und histologisch gleicht diese Varietät völlig der Stammform und ist nur vielleicht durch eine etwas bedeutendere Breite und durch wenig trägere Bewegungen von ihr unterschieden, also genau umgekehrt, als es Monticelli angibt. Während ich bei dem gemeinen *Anoplodium parasita* z. B. bei einer Länge von 1·92 *mm* eine Breite von 1·34 *mm* messen konnte, bei einer Länge von 1·42 eine Breite von 1·04, fand ich bei der Varietas *pusillum* (Monticelli) bei einer Länge von 1·92 die Breite gleich 1·44 *mm*, bei einer Länge von 1·44 die Breite gleich 1·2 und derartig waren auch die Ergebnisse meiner übrigen Messungen; doch sind diese Differenzen stets nur minimale gewesen; Form und Farbe der Eikapseln sind bei beiden Arten gleich und können letztere daher nicht nach ersteren unterschieden werden. Die Unterschiede im Baue der Eikapseln, auf welche ich an späterer Stelle zu sprechen kommen werde, sind nur rein individuelle und können daher zu einer Artdiagnose nicht herangezogen werden.

Anoplodium gracile nov. spec.

Diese Form erscheint mir als eine eigene, selbständige Art völlig sichergestellt. Auf sie würden die Bemerkungen Monticelli's (16) passen, daß sie nämlich stets mehr langgestreckt und kleiner als *Anoplodium parasita* sei, ferner die Dotterstöcke minder entwickelt und relativ viel mehr die Hoden. Weitaus am charakteristischesten aber erscheint mir die Art und Weise ihrer Bewegungen zu sein, die im Gegensatz zur ersten Spezies und zu deren Varietät viel lebhafter und unvermittelter, plötzlich und ruckweise vor sich gehen, — fast möchte ich sagen — »konvulsivisch« sind. Unsere Form kann sich nahezu fadenartig dünn in die Länge strecken, was bei der anderen Art nie, auch nur in annähernd gleicher Weise der Fall ist, verharrt oft durch längere Zeit in solchem gestreckten Zu-

Digitized by Google

stande, um sich dann mit einem jähen Rucke wieder zu verkürzen. Sie ist viel zierlicher gebaut, ihre Bewegungen sind viel geschmeidiger; ihre Durchsichtigkeit bei Betrachtung mit dem Mikroskop ist höher als die der anderen Spezies und läßt daher auch den inneren anatomischen Bau am leichtesten und klarsten erkennen. Einige Bewegungszustände dieser Art sind in Fig. 28 dargestellt, ein Übersichtsbild ihrer Anatomie in Fig. 7. Sie ist nur wenig über 1 *mm* lang bei einer Breite von kaum $^1/_2$ *mm*, erscheint also auch im Ruhezustande relativ schmäler als *Anoplodium parasita*.

Mein Material konnte ich zum kleineren Teile an der istrianischen Küste in der Nähe von Umago sammeln; bei Triest selbst kommt ihr Wirt nur ganz vereinzelt vor. Den größeren Teil meines Untersuchungsmateriales habe ich aus Neapel; daselbst beherbergten 11 von 47 untersuchten *Holothuria Forskalii* zusammen 35 Anoplodien dieser Art, wobei die stärkste Infektion eines Wirtes 9 Parasiten betrug.

Histologie der Anoplodien.

Bei der vollständigen anatomischen Übereinstimmung der beiden mir vorliegenden Anoplodienarten und der einen Varietät glaube ich am besten zu tun, wenn ich sie histologisch gemeinsam beschreibe; die Differenzen sind ja auch in histologischer Beziehung nur gering und meist nur als Größen- und Formunterschiede zu bezeichnen; die wesentlichste derselben ist jedenfalls die stärkere Ausbildung der Hautmuskulatur bei *Anoplodium gracile*, wogegen die übrigen Unterschiede sich teilweise durch verschiedenartige Kontraktion erklären lassen, indem die eben genannte Art sich bei der Konservierung meist mehr in die Länge streckt, *Anoplodium parasita* aber nicht in so ausgesprochener Weise dies tut.

Das Epithel ist stets ein einschichtiges Zylinderepithel, das auf der ganzen Oberfläche gleichmäßig bewimpert erscheint. Messungen der Dimensionen desselben habe ich bei dieser Gattung wie bei allen anderen fast nur an konservierten Individuen gemacht, da mir Maße, welche nach Quetschpräparaten lebender Tiere gewonnen wurden, weniger instruktiv und ver-

Digitized by Google

läßlich schienen, da sie nicht so sehr den wirklichen Verhältnissen Ausdruck geben als dem jeweiligen Grade der Quetschung des betreffenden Exemplares. Aber auch die Größen- und Formbestimmungen, welche man durch die Untersuchung konservierter Tiere erhält, sei es an Totopräparaten, sei es an Schnitten, differieren sowohl bei verschiedenen Individuen derselben Art als an verschiedenen Körperstellen eines und desselben Individuums. Man kann hiebei mit Sicherheit erkennen, daß hiefür nicht immer der Umstand maßgebend ist, daß sich tatsächlich das Epithel an verschiedenen Stellen verschieden verhält, was ja in gewissen, noch zu erwähnenden Fällen auch vorkommt, sondern daß diese Schwankungen der Dimensionen zum großen Teile auf den jeweiligen Kontraktionszustand sich zurückführen lassen, in welchem sich das betreffende Tier im Momente der Konservierung befand. Nur zum kleinsten Teile aber dürften sie durch Schrumpfungen bei der Fixierung zu erklären sein, da ich stets nur gut erhaltene Exemplare zu diesen Messungen heranzog, wo diese Fehlerquelle möglichst ausgeschaltet ist.

Die Epithelhöhe beträgt bei ausgewachsenen Individuen von *Anoplodium parasita* (Fig. 13) dorsal bis zu 16 μ, ventral bis zu 13 μ, also auf der Bauchseite etwas weniger; gleichwohl fand ich gelegentlich im Gegensatz zu diesem als Norm zu bezeichnenden Größenverhältnisse auch einzelne Exemplare, wo das Ventralepithel das Dorsalepithel an Höhe übertraf.

Auffällig ist speziell für diese Art der Umstand, daß das Epithel an den beiden Körperenden ausgesprochen höher erscheint; ich konnte am Hinterende, welches meist die bedeutendste Höhenentwicklung zeigt, bis zu 25 μ messen, am Vorderende aber bis zu 18 und einmal ausnahmsweise war hier die extreme Höhe von 27 μ zu finden. Bei *Anoplodium gracile* (Fig. 29) ließen sich keine solch bedeutenden Differenzen konstatieren, hier betrug die Höhe durchschnittlich 8 bis $12^1/_2$ μ. Dies hängt aber jedenfalls teilweise mit der schon erwähnten Längsstreckung zusammen, welcher diese Art bei der Fixierung fast stets unterliegt. Der Querschnitt der Epithelzellen ist unregelmäßig polygonal, die Zellgrenzen treten bei geeigneter Färbung an flächenhaften An-

Digitized by Google

schnitten als dunkle Linien hervor, der Ausdruck einer die Zellen verbindenden Interzellularsubstanz; auch an Quer- und Längsschnitten sind die Grenzen erkennbar. Das Zellplasma ist fein längsgestreift und färbt sich im oberflächlichen Drittel oder in der oberen Hälfte stärker als in den mehr basal gelegenen Partien (Fig. 13).

Die Zilien *(ci)* sind über die ganze Körperoberfläche des Tieres gleichmäßig verteilt, ihre Länge beträgt bei *Anoplodium parasita* etwa 5 bis 7 μ, bei *Anoplodium gracile* ungefähr 3 μ. Eine Kutikula ist nicht vorhanden, wird aber insbesondere an lebenden Individuen leicht durch die oberflächlichste Schichte der Epithelzellen vorgetäuscht. Die hier gelegenen Basalkörperchen der Wimpern lassen sich durch Eisenhämatoxylinfärbung gut zur Anschauung bringen; sie sind einreihig angeordnet.

Wie die Form der ganzen Zelle von dem Kontraktionszustande abhängig ist, in dem sich das Tier bei der Konservierung befunden hat, so hängt in gleicher Weise wiederum die Form der Kerne von jener der Epithelzellen ab. Wenn letztere mehr langgestreckt sind, ist auch der Kern von länglicher Gestalt, seine zur Körperoberfläche senkrecht stehende Achse kann bis zu 9 μ, seine Querachse nur 5 μ messen; solche oblonge Kerne sind entweder regelmäßig oval oder nach der einen Seite stärker ausgebuchtet; in mehr abgeplatteten Epithellzellen hingegen erscheinen die Kerne meist schön kreisrund mit einem Durchmesser von etwa 6 μ. Graff fand bei einem Epithel von 13 μ Höhe die Kerne nur 2 bis 3 μ groß, was vielleicht auf eine Schrumpfung derselben zurückzuführen ist.

Die Kerne liegen stets ziemlich basal, manchmal die Basis sogar anscheinend berührend; bei *Anoplodium gracile* sah ich einzelne Male, wenn das Epithel stark abgeflacht war, die Kerne sowohl die Zellbasis als auch die Basalkörperschicht tangieren. Die Größe der Kerne beträgt bei dieser Gattung etwa 4 μ. Die Kernmenbran färbt sich mit Hämatoxylin deutlich, desgleichen auch die Chromatingranula, insbesondere aber das Kernkörperchen, welches bis zu 1 μ Durchmesser haben kann und häufig, wenn auch nicht immer, von einem heller sich färbenden, granulaärmeren Hofe umgeben ist. Von Rhabditen

Digitized by Google

oder verwandten Gebilden ist nicht das Geringste im Epithel zu bemerken, wie schon Graff (8, p. 45) erwähnt hat, desgleichen fehlen Hautdrüsen bei dieser Gattung vollständig.

Unter dem Epithel liegt eine Basalmembram *(bm)*, die insbesondere an Längsschnitten von der darunter gelegenen Ringmuskelschicht gut zu unterscheiden ist. Sie färbt sich mit Hämatoxylin-„Van Gieson" dunkelbräunlich, ähnlich den Muskeln, kann aber mit letzteren deshalb nicht verwechselt werden, da sie sich an feinen Schnitten durch die ganze Dicke des Präparates verfolgen läßt, während die Fasern der Muskelschicht schon bei der geringsten Drehung der Mikrometerschraube des Mikroskopes (bei homogener Immersion) aus der deutlichen Sehweite verschwinden und an ihrer Stelle andere, ersichtlich davon unterscheidbare, höher oder tiefer im Schnitte gelegene Fasern neu im Gesichtsfelde eingestellt werden. Auch besitzen diese Muskeln einen stets mehr oder weniger welligen Verlauf, wobei sich die Wellenlinien verschiedener übereinander gelegener Muskeln nicht decken, daher als einzelne getrennte Fasern leicht erkennbar sind, wogegen die Basalmembran kontinuierlich unter dem Epithel hinwegstreicht. Wie auch bei allen anderen von mir besprochenen Arten und Gattungen, so blieb auch hier die Basalmembran stets in Zusammenhang mit der Muskelschicht und dem Mesenchymgewebe, wenn sich das Epithel infolge der Konservierung durch eine Schrumpfung der inneren Gewebe etwas abgehoben hatte, wie dies auch von anderer Seite an verschiedenen Turbellarien schon beobachtet und beschrieben wurde.

Unter der Basalmembran liegt ein Hautmuskelschlauch (vergl. Fig. 13, 14, 29, 30), welcher auf der Ventralseite stärker entwickelt erscheint als auf der dorsalen. Er besteht aus drei Schichten, deren äußerste von sehr feinen Ringmuskeln *(rm)* gebildet ist, die ziemlich dicht und gleichmäßig parallel zueinander angeordnet sind, ohne zu Bündeln zusammengefaßt zu sein. Dem entgegen bilden die Längsmuskeln *(lm)* Bündeln, die in größeren Zwischenräumen voneinander und nicht immer ganz parallel verlaufen, sondern vielfach konvergieren. Die Zahl der in einem Bündel vereinigten Fasern schien mir 2 bis 3 zu sein; sie sind etwas stärker als die vorerwähnten

Digitized by Google

Zirkulärfasern und liegen stellenweise nur locker im Muskelbündel nebeneinander, stellenweise aber dicht aneinander gepreßt, so daß selbe dann leicht für nur eine einzige stärkere Muskelfaser gehalten werden könnten. Jede einzelne Faser derselben scheint durch die ganze Länge des Tieres sich zu erstrecken. Nicht ganz so regelmäßig wie die beiden eben besprochenen Muskelsorten ist die Anordnung der Diagonalmuskelfasern *(dm)*, die ebenfalls Bündel bilden, deren Verteilung aber sehr unregelmäßig, ja regellos zu sein scheint. Sie kreuzen einander häufig in nicht genau rechtem Winkel, sondern sind zur Längsachse des Tieres, beziehungsweise zu den Längsmuskeln in etwa 45 oder 50 Graden geneigt; die Vermutung Graff's, daß diese Diagonalfaserschicht zwischen den Ring- und Längsmuskeln läge, glaube ich als richtig bestätigen zu können. Die Kerne der Muskelfasern konnte ich an den Schnittpräparaten nicht konstatieren. Bei Mazeration in verdünnter Salpetersäure durch mehrere Stunden aber gelang es mir, einzelne Muskelfasern isoliert zur Anschauung zu bringen und an solchen dann zu erkennen, daß ihnen das Sarkoplasma fahnenartig anhängt und sich in letzterem ein rundlicher Kern *(ke)* findet (Fig. 15). Ob allerdings diese Muskeln gerade dem Hautmuskelschlauche angehörten, läßt sich bei der Art ihrer technischen Darstellung nicht nachweisen, es könnten ja auch Muskeln des Pharynx oder anderer Organe gewesen sein, also auch Mesenchymmuskeln im weiteren Sinne.

Es ist nun ein sehr charakteristisches Unterscheidungsmerkmal für die beiden hier beschriebenen Arten, daß die Hautmuskulatur des *Anoplodium gracile* viel mächtiger entwickelt ist als diejenige des *Anoplodium parasita*. Diese stärkere Muskelentwicklung beruht hauptsächlich auf einem kräftigeren Baue der einzelnen Fasern und kommt dies auch in Schnittpräparaten zur Beobachtung. Diese Verschiedenheit steht in engstem Zusammenhange mit der für die beiden Arten so bezeichnenden Weise ihrer Bewegungen, sie erklärt uns, warum die Kontraktionen der ersteren Spezies sich durch so bedeutendere Lebhaftigkeit und Heftigkeit von jenen der anderen unterscheiden.

Digitized by Google

Alle von den Geschlechtsorganen, dem Nervensystem und dem Verdauungsapparat freigelassenen Räume sind von einem wasserreichen Gewebe erfüllt, dem Mesenchym, das je nach dem Erhaltungszustande sehr verschiedene Bilder dem Beobachter bietet. Zellgrenzen lassen sich hierin nicht nachweisen; man erkennt bei guter Konservierung eine feinkörnige Grundsubstanz, welche von Böhmig als Saftplasma (1, p. 33), von Luther als periviscerale Flüssigkeit (15, p. 35) bezeichnet wurde. Dieser im Leben zähflüssigen Substanz ist eingelagert und bei guter Konservierung in den Präparaten erkennbar ein System von gröberen und feineren Balken und Membranen, das Gerüstplasma, welches das Saftplasma in größere oder kleinere wabenartige Räume zerlegt. Bei *Anoplodium parasita* ist das Mesenchym in reichlicherem Maße entwickelt und lassen sich an dieser Art zwei verschiedene Partien dieses Gewebes unterscheiden; in den Randpartien (Fig. 16, *pms*) sowie am vorderen Körperende sind die Waben kleiner, liegen dicht aneinander und es zeigt das Gerüstplasma hier einen netzartigen Bau. Von etwas anderer Beschaffenheit ist das Binnenmesenchym *(bms)* zwischen den Geschlechtsorganen und deren Ausführungsgängen, es enthält weniger, aber kräftigere Balken und Membranen, die bedeutendere Mengen des Saftplasmas umschließen als im peripheren Mesenchym. Dieses zentrale Mesenchym zeigt auch eine gewisse färberische Verschiedenheit vom randständigen, indem es sich mit Kongorot manchmal intensiver färbt. Dies scheint mir dafür beweisend zu sein, daß die Verschiedenartigkeit der beiden Gewebsarten nicht auf einen minderen Erhaltungszustand der zentralen Teile infolge von ungenügender Konservierung zurückzuführen ist, sondern daß tatsächlich zwei verschiedene, wenn auch nahe verwandte Arten des Mesenchyms sich vorfinden, die sich durch eine differente Anordnung des Gerüstplasmas unterscheiden. Es sei hier darauf hingewiesen, daß auch Graff bei *Graffilla buccinicola* Jameson (8, p. 16 ff.) zweierlei Partien des Bindegewebes unterschieden hat, ein randständiges, retikuläres, und ein in den vorderen Regionen des Körpers sich findendes blasiges Mesenchym, welches letztere dem Binnenmesenchym von *Anoplodium* gleicht.

Digitized by Google

Die Kerne dieses Gewebes sind etwa 5 bis 7 μ groß, kreisrund oder doch dieser Form genähert; sie enthalten zwei größere Körperchen, deren eines sich mit Eosin, das andere aber, ebenso wie die zahlreichen, kleinen Chromatinkörnchen, mit Hämatoxylin färbt. Die Kerne liegen bald in der Mitte einer Wabe, bald seitlich dem Gerüste an- oder eingelagert.

Wirkliche Vakuolen finden sich im Mesenchym nur sehr spärlich; wo immer sich derartige Bildungen zahlreicher zeigen, sind sie größtenteils nur ein Kunstprodukt, nur Risse, die bei der Konservierung entstanden sind. Sie sind in solchen Fällen nicht klar konturiert, sondern höchst unregelmäßig ausgefranst und undeutlich berandet. Auch dort, wo das Mesenchym sich nicht lückenlos und dicht an die in ihm eingebetteten Organe anschließt, sind diese Zwischenräume nur als ein Produkt der mangelhaften Fixierung zu betrachten. Dies ist z. B. sehr oft bei den Dotterstöcken zu beobachten. Endlich wird vakuolisiertes Mesenchym leicht durch Verwechslung mit dem Darmgewebe vorgetäuscht, speziell an Stellen, wo das Lumen des genannten Organes nicht getroffen ist; bei genauer Betrachtung aber lassen sich an gut konserviertem Material beide Gewebsarten nicht allzu schwer voneinander unterscheiden. Eine gewisse Anzahl von wirklichen Vakuolen ist aber tatsächlich im Mesenchym vorhanden; sie sind ziemlich regelmäßig kreisrund und enthalten meist einen, ihr Lumen nicht völlig erfüllenden Niederschlag, der vielleicht als ein hier aufgespeichertes Exkretionsprodukt zu erklären ist. Das Mesenchymgewebe bildet um die verschiedenen Organe, wie insbesondere um die Geschlechtsdrüsen und den Darm, stützende Hüllmembranen, die aus der Gerüstsubstanz oder dem Spongioplasma, wie Böhmig (2, p. 32) es auch genannt hat, sich aufbauen. Dieses täuscht leicht das Vorhandensein einer Tunica der betreffenden Organe vor.

Das eben beschriebene Bindegewebe wird durchsetzt von einer Anzahl Muskeln, welche alle eine mehr oder minder dorsoventrale Richtung haben und dem Gerüstplasma eingelagert erscheinen oder von ihm begleitet werden. Mit diesem dringen sie auch zwischen die einzelnen Äste der geweihartig verzweigten Dotterstöcke und die übrigen

Digitized by Google

Geschlechtsorgane ein, wobei sie sich von ihrem geradlinigen Verlaufe und von ihrer Richtung nur wenig ablenken lassen. Sie sind vielfach in Bündeln geordnet und es strahlen die einzelnen Fasern eines jeden solchen Bündels pinselartig an der Dorsal- und Ventralseite gegen das Epithel aus, wo sie sich an der Basalmembran festheften. Einzelne Mesenchymmuskeln treten in spezielle Beziehungen zu bestimmten Organen, wie Pharynx oder Geschlechtsausführungsgängen, und ich werde über diese noch an späterer Stelle zu berichten haben.

Die Mundöffnung liegt bei *Anoplodium* etwa im ersten Viertel der Körperlänge. Sie führt in eine nur sehr kleine Pharyngealtasche, an der man ein besonderes Epithel aber nicht unterscheiden kann; sie wird einerseits noch von Epithelzellen begrenzt, welche gleichzeitig auch den Mundrand umschließen und sich von den Zellen des Hauptoberflächenepithels in keiner Weise unterscheiden lassen, andrerseits aber begrenzt von der vordersten Partie des Pharyngealepithels (Fig. 17, *pf*).

Die Mundöffnung ist durch einen sphinkterartigen Muskel (Fig. 18, *sph*) verschließbar, der wohl als eine besonders ausgebildete Gruppe von Hautmuskeln betrachtet werden kann.

Das Epithel und die Basalmembran der Haut gehen direkt in die entsprechenden Elemente des Pharynx über. Dieser ist sehr klein, etwa 0·045 *mm* lang und 0·06 *mm* breit, also von annähernd kugelartiger Gestalt. Unter seiner Basalmembram liegt eine Schicht von inneren Ringmuskeln (Fig. 18, *irm*), auf welche nur spärliche innere Längsmuskeln *(ilm)* folgen, so daß selbe nicht in jedem Schnitte erscheinen. Die Außenwand des Pharynx aber ist wiederum von äußeren Längsmuskeln *(alm)* bekleidet, unter denen dann äußere Ringmuskeln *(arm)* sich vorfinden. Zwischen dieser äußeren und der inneren Pharyngealmuskulatur spannen sich eine Anzahl von Radialmuskeln *(ram)* aus; diese sämtlichen Muskelfasern sind annähernd gleichstark und nicht allzu mächtig. Die übrigbleibenden Zwischenräume aber sind von Mesenchymgewebe erfüllt, dessen Kerne leicht erkennbar sind und sich in nichts von den Mesenchymkernen des übrigen Körpers unterscheiden lassen. Drüsenzellen habe ich im Pharynx nicht gefunden, hingegen möchte ich gleich an

Digitized by Google

dieser Stelle der ansehnlichen Speicheldrüsen Erwähnung tun, die seitlich und am Hinterende des Pharynx gelagert sind. (Fig. 17, *spd*). Sie besitzen einen großen Kern mit sich scharf färbendem Kernkörperchen und sind oftmals mit Vakuolen erfüllt, die ein körniges Sekret enthalten, das sich mit Eosin leuchtend rot färbt; wir haben es also mit erythrophilen Drüsen zu tun. Ihre Ausführungsgänge münden in die Pharyngealtasche.

An den Pharynx setzen sich von außen Muskeln an, welche den Mesenchymmuskeln zuzuzählen sind und als Pro- und Retraktoren dieses Organes dienen. Sie sind nicht allzu stark entwickelt, woraus auch erhellt, daß die Bewegungen des Pharynx keine sehr heftigen sein werden, wie dies durch die parasitische Lebensweise dieser Tiere leicht verständlich wird. Die Protraktoren setzen sich an der Vorder- und Hinterseite, etwas hinter der Mitte des Pharynx, an dessen Außenwand fest und streichen von hier zur ventralen Körperseite; sie sind in Längsschnittserien leicht zu erkennen. Die Retraktoren hingegen haben ihren Insertionspunkt an den beiden Seiten des Pharynx, sind also am besten in Querschnittserien (Fig. 18, *ret*) zu beobachten und spannen sich von hier an die Dorsalseite, wo sie sich am Hautmuskelschlauche inserieren. Sie umgreifen so den vordersten Abschnitt des Darmes. Die Achse des Pharynx ist zur Längsachse des Tieres häufig in einem annähernd rechten Winkel gestellt, manchmal auch etwas von vorn und ventral nach hinten und dorsal gerichtet, oder bis zu einem Winkel von etwa 45° gegen die Körperachse geneigt. In Quetschpräparaten lebender Tiere erscheint es oft so, als ob die Pharynxachse parallel zur Längsrichtung des Tieres liegen würde, doch ist diese Lage nur künstlich durch den Druck des Deckglases hervorgerufen.

L. v. Graff hielt (7, p. 377) die im Pharynx zwischen den Radialmuskeln eingelagerten Kerne, welche ich dem Mesenchymgewebe zurechne, für Kerne der eingesenkten Pharyngealepithelzellen, deren Zelleiber nicht isoliert zur Anschauung zu bringen seien, sondern eine körnige Ausfüllung des Pharynx darstellen. Ich glaube, das Epithel im Pharynx in anderer Weise erklären zu müssen.

Digitized by Google

Betrachtet man einen Querschnitt, so sieht man als Epithel um das Lumen radial angeordnet eine große Anzahl kernloser Zellräume, höher als breit, ganz so, wie ich es von *Paravortex scrobiculariae* (Graff) in Fig. 51 abgebildet habe; die Zellgrenzen sind also hier deutlich wahrnehmbar. An Längsschnitten des Pharynx aber erscheint das Epithel stets sehr grob längsgestreift (Fig. 31). Diese Streifung ist aber nicht der Ausdruck einer plasmatischen Struktur, sondern die Folge des Umstandes, daß nicht bloß eine der zahlreichen radiär um das Lumen angeordneten Zellen getroffen ist, sondern stets deren mehrere. Hingegen sind Zellgrenzen, welche etwaige in der Längsachse des Pharynx aufeinanderfolgende Zellen abgrenzen würden, nie erkennbar. Am hinteren Ende des Pharynx findet sich nun eine Anzahl von größeren Zellen *(kr)*, welche den Übergang in das Darmepithel vermitteln, wie ein Kropf angeordnet. An günstigen Stellen, insbesondere auch an seitlichen Anschnitten, wie in Fig. 31, kann man erkennen, daß sich jede dieser Zellen des »Kropfes« als Auskleidung des Pharynx fortsetzt.

Ich glaube daher, den Bau dieses Organes derart erklären zu müssen, daß »Kropf« und Pharyngealepithel ein einziges, histologisch einheitliches Gebilde darstellen, dessen Zellen sich durch die ganze Länge des Pharynx wie auch des Kropfes erstrecken, also einen ungemein ausgedehnten Längsdurchmesser haben, wogegen die Höhe und noch mehr der Querdurchmesser nur sehr vielmal kleiner sind. Nur in ihrem hintersten Teile schwillt der Leib jeder dieser Pharyngealepithelzellen keulen- oder birnförmig an, sie erscheinen für einander gedrängt und bilden so das erwähnte kropfartige Gebilde am Pharynxhinterende. In diesem Abschnitte der Zellen liegt auch der ansehnliche Zellkern, weshalb man im Pharynxlumen keinen solchen finden kann.

Wir haben es also hier nicht mit einem eingesenkten Epithel zu tun, sondern es kommt die eigentümliche Beschaffenheit nur durch eine außerordentliche Längsstreckung jeder Zelle zu stande, wobei die Kerne in den hintersten, keulig verdickten Teil verlagert werden. Einen ebensolchen Bau des Pharyngealepithels fand ich nicht nur bei *Anoplodium*, sondern bei allen hier beschriebenen parasitischen Turbellarien

Digitized by Google

aus der Familie der Dalyelliiden (Vorticiden). Ob die scheinbare Kernlosigkeit auch der übrigen Angehörigen dieser Familie, speziell auch der nicht parasitischen Formen, in der gleichen Weise zu erklären ist, kann ich nicht feststellen, da ich die anderen Gattungen zu untersuchen keine Gelegenheit hatte. Es sei hier darauf hingewiesen, daß Luther (15, p. 51) bei *Vortex penicillatus* Braun gleichfalls die Pharyngealzellen und deren Kerne in die Nähe des Ösophagus verlegt, während Graff die betreffenden Zellen als Speicheldrüsen deuten will. Auf die Befunde Böhmig's bei *Graffilla* komme ich später noch zurück. Möglicherweise ist das, was man bei Vorticiden (vergl. 6, p. 266) als Ösophagus bezeichnet hat, wenigstens teilweise nichts anderes als der hinterste Abschnitt der Pharyngealzellen.

Es wäre nun die Frage aufzuwerfen, ob bei *Anoplodium* ein echter Ösophagus fehle, der Darm sich also direkt an das Pharyngealepithel anschließe. Für die erwähnte kropfartige Bildung müssen wir natürlich den Namen Ösophagus vermeiden, da es bei den Mesostomiden einen echten Ösophagus gibt (vergl. 15, p. 51), dessen Zellen andere sind als jene des Pharynxepithels. Wie ich im Folgendem berichten werde, kommt tatsächlich auch bei einigen in dieser Arbeit behandelten Formen (z. B. bei *Graffilla*) ein deutlich erkennbarer Ösophagus vor, bestehend aus offenbar ektodermalen Zellen, die sich in der Färbung ähnlich den Pharyngealzellen verhalten, in der Form aber davon unterscheiden und den Übergang zum Darme darstellen. Für *Anoplodium* kann ich diese Frage aber nicht mit Sicherheit entscheiden; doch halte ich es nicht für ausgeschlossen, daß zwischen den Kropf- oder Pharyngealzellen und dem Darme einige kleinere Zellen noch eingeschaltet sind, welche den ersteren in ihrer Beschaffenheit und in ihrem Aussehen vollkommen gleichen. Da aber auf den Schnitten nie eine einzelne Kropfzelle getroffen ist, sondern stets deren mehrere, so ist es nicht leicht zu sagen, ob die äußersten der angeschnittenen Zellen (Textfigur 3, *oe'*) auch noch in das Pharyngealepithel übergehen oder einem selbständigen Abschnitt, nämlich einem Ösophagus, angehören. Diese Schwierigkeit der Erkenntnis wird noch dadurch erhöht, daß der Pharynx

Digitized by Google

dieser Gattung meist nicht am äußersten Vorderende des Darmes gelegen ist, sondern etwas hinter demselben, wodurch der Übergang zwischen beiden Organen nicht wie bei anderen Arten ein zylinderartiges Rohr oder einen meist sehr engen Trichter darstellt, sondern nahezu eben ausgebreitet ist. Ich glaube, den Sinn meiner Worte durch die beigefügte Textfigur 3 veranschaulicht und leichter verständlich gemacht zu haben.

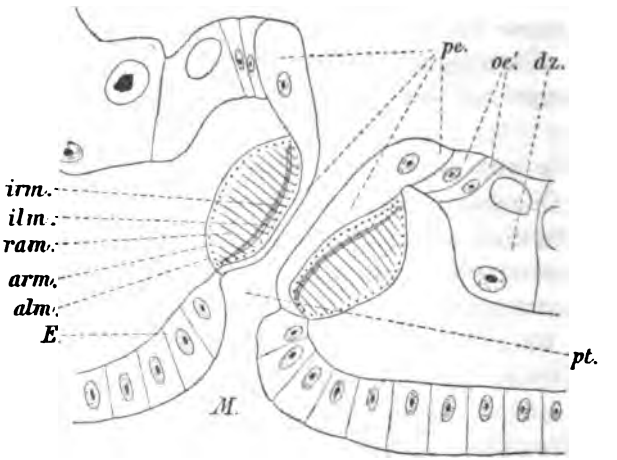


Fig. 3.

Schema des Pharynx von *Anoplodium*. 600fache Vergrößerung.

Der Darm ist ansehnlich entwickelt, unverästelt, stabförmig und besteht meist aus einem kleineren Abschnitte, welcher vor dem Pharynx gelegen ist und oftmals nach vorn in mehrere Zipfel ausgezogen erscheint, wie dies auch v. Graff beobachtet und beschrieben hat, und aus einem viel größeren Abschnitt, welcher hinter dem Pharynx liegt. Beide Teile lassen sich aber histologisch nicht voneinander unterscheiden. Die Darmzellen sind wie das äußere Körperepithel in ihrer Form und Beschaffenheit sehr abhängig von dem jeweiligen Kontraktionszustand des betreffenden Individuums; sie haben in

Digitized by Google

stark verkürzten, kontrahierten Tieren eine ansehnliche Höhe und keulenförmige Gestalt (Fig. 19), in langgestreckten aber sind sie entsprechend niederer und dafür breiter.

Bei *Anoplodium gracile* (Fig. 32) ist ihre Form stets noch flacher als bei *Anoplodium parasita*, wie es scheint, nicht nur deshalb, weil sich erstere Art bei der Konservierung mehr in die Länge streckt, sondern schon von Natur aus. Die Zellen sind meist mit mehreren großen Vakuolen *(va)* erfüllt, in deren Hohlräumen man verschiedentliche Fraßstücke vorfindet, bald noch unverdaut, bald in mehr oder minder vorgeschrittenem Grade der Verdauung. Einzelne Vakuolen sind auch leer und manchmal gegen das Darmlumen zu offen; dies ist wohl damit zu erklären, daß die von der Nahrung restierenden Körper, welche nicht assimiliert werden können, als Exkremente wieder in den Darm ausgestoßen werden, von wo deren Entleerung durch den Mund stattfinden kann. Ein Beispiel für solche in das Darmlumen einmündende Vakuolen ist auch in der genannten Fig. 19 abgebildet.

Sämtliche Zellen des Darmes sind untereinander gleichartig, besondere Drüsenzellen, wie sie sich bei manchen rhabdocölen Turbellarien finden, sind hier nicht vorhanden. Die Kerne dieser Darmzellen sind sehr unregelmäßig gelagert, bald ganz basal, bald wieder der freien Oberfläche ungemein genähert oder auch in der Mitte der Zellhöhe sich findend. Sie sind bei *Anoplodium parasita* ungefähr 5 μ groß, desgleichen auch bei *Anoplodium gracile*, meist schön rund geformt oder von ovaler Gestalt und enthalten ein sich mit Eosin färbendes, sowie ein mit Hämatoxylin tingierbares Körperchen sowie mehrere kleinere Chromatinkörnchen.

Das Lumen des Darmes ist in seiner Größe zwar schwankend, aber immer deutlich vorhanden; da der Darm meist seitlich komprimiert ist, erscheint dasselbe oft auf einen schmalen, senkrecht zur Bauchseite gestellten Spalt zusammengedrängt.

Um den Darm bildet das Mesenchym eine mehrschichtige, membranöse, stützende Hülle von ansehnlicher Dicke (Fig. 32) und in diese Gerüstsubstanz sind zirkulär verlaufende Muskeln eingelagert, durch deren Kontraktion das Darmlumen verengert

Digitized by Google

werden kann. In erster Linie aber sind die umgebenden Organe, die verschiedenen Teile des Geschlechtsapparates, durch den Druck, welchen sie auf den Darm ausüben, von formbestimmendem Einfluß auf den Darmblindsack.

Das Gehirn ist nur sehr spärlich entwickelt, ist daher an Quetschpräparaten nicht leicht erkennbar. Schon Graff (7, p. 109) hat Spuren desselben gesehen, doch nicht mit Sicherheit zu agnoszieren vermocht, Böhmig (2, p. 81) hat sein Vorhandensein dann endgültig festgestellt. Es ist etwas vor dem Pharynx gelegen, der ventralen Seite mehr genähert und besteht aus einer bogenförmig angeordneten Masse feiner Fasern, welche in Querschnitten größtenteils der Länge nach getroffen sind, teils auch quer durchschnitten erscheinen. Dieser Nervenmasse sind nur spärliche Ganglienzellen von außen angelagert. Die beiden seitlichen Zipfel dieses Organes sind etwas nach rückwärts gebogen und umgreifen oft in Querschnitten den vordersten präpharyngealen Abschnitt des Darmes, wenn derselbe in dem betreffenden Individuum nach vorn vorgezogen ist; in manchen Serien aber ist in jenen Schnitten, welche durch die Gehirnregion geführt sind, vom Darme noch keine Spur zu bemerken. Vom Gehirne strahlen zahlreiche Nerven aus, welche, anfänglich dick, sich bald in feinere Fasern aufsplittern, so daß deren Verfolgung weiterhin unmöglich wird. Den Eintritt von Nervenendigungen in bestimmte Organe habe ich nicht zu beobachten vermocht.

Besondere Sinnesorgane fehlen der Gattung *Anoplodium* vollständig, was mit deren parasitischen Lebensweise zusammenhängen dürfte.

An dieser Stelle sei gleich auch mitgeteilt, daß ich von Exkretionskanälen weder am lebenden Tiere etwas zu erkennen Gelegenheit hatte, noch auch an den Schnitten irgend etwas fand, was auf das Vorhandensein eines derartigen Organes hätte schließen lassen. Es scheint der Mangel der Exkretionsorgane (Nephridien) mit der schmarotzenden Lebensweise zusammenzuhängen.

Die Gattung *Anoplodium* ist bis zu einem gewissen Grade protandrisch, d. h., die männlichen Geschlechtsorgane erreichen früher das Reifestadium als die weiblichen. Infolge

Digitized by Google

dieses Umstandes sind bei jungen Individuen die Hoden viel leichter erkennbar als bei älteren, da sie bei letzteren von den reich entwickelten Ästen der Dotterstöcke ganz oder doch zum großen Teile verdeckt werden. Diese Protandrie ist aber nicht so weitgehend, daß in weiblicher Reife befindliche Individuen nicht auch noch als Männchen fungieren könnten und zeugungsunfähig wären; an Schnitten lassen sich in jedem Alter die Hoden leicht erkennen und es ist auch in vorgeschrittenen Altersstufen die Spermaentwicklung leicht nachweisbar. Hingegen besitzen sehr junge Tiere zwar schon reifes Sperma, aber vermögen noch nicht befruchtungsfähige Eier zu produzieren. Die Hoden sind an jugendlichen Exemplaren nicht nur relativ, sondern auch absolut größer als an ausgewachsenen, bei denen sie an Dicke abgenommen haben.

Bei *Anoplodium gracile* besitzen die männlichen Geschlechtsdrüsen eine relativ ansehnlichere Größe als bei *Anoplodium parasita*; sie sind bei ersterer etwa 0·4 bis 0·45 *mm* lang bei einem Durchmesser von etwa 0·08 *mm*, bei der zweiten Art, entsprechend der bedeutenderen Größe des ganzen Körpers, ungefähr 0·48 *mm* lang und bei ausgewachsenen Individuen nur zirka 0·08 *mm*, bei jüngeren aber bis zu 0·11 *mm* dick.

Sie sind von annähernd kreisrundem oder ovalem Querschnitt, am Vorder- und Hinterende stumpf abgerundet und schimmern in Quetschpräparaten lebender Tiere als helle, lichte Räume zwischen den Dotterstöcken durch. Bei der Konservierung schrumpfen sie fast immer etwas zusammen, so daß um sie herum ein freier Spaltraum entsteht, der aber nur als Kunstprodukt zu betrachten ist. Diese Geschlechtsdrüsen sind von einer mesenchymatösen Gerüstplasmamembran umgeben. Sie sind vollständig mit einer Masse von Zellen erfüllt, die scharf voneinander geschieden sind, ja in den zentralen Partien nur locker aneinander liegen. Die Kerne derselben zeigen vielfach verschiedene mitotische Figuren, doch habe ich die Spermatogenese nicht eingehender untersucht, weder an dieser noch an einer anderen hier besprochenen Art.

Die hinteren Enden der Hoden setzen sich durch die Vasa deferentia fort, dünne Gänge, welche nach vorn umbiegen, um

Digitized by Google

dann etwas vor der Bursa seminalis wieder rückläufig zu werden und sich alsbald in den Penis (im weiteren Sinne) zu ergießen. Das Epithel der Vasa deferentia besitzt nur spärliche, kleine Kerne. Nach der Zeichnung Anton Schneider's (19, Fig. 1) könnte man glauben, daß sie aus der Mitte der Hoden an deren medianen Seite entspringen; dies ist aber nicht der Fall, wie aus dem Gesagten erhellt.

Der Penis im weiteren Sinne des Wortes besteht in der Hauptsache aus einem geraden Rohre, an welchem man aber mehrere Abschnitte unterscheiden kann, welche sich nicht allzu scharf voneinander trennen lassen, sondern teilweise ineinander allmählich übergehen.

Der vorderste Abschnitt hat ein sehr weites Lumen, das als Vesicula seminalis fungiert und mit einem aus platten Zellen zusammengesetzten niederen Epithel bekleidet ist (Fig. 33, 34, *P*). Insbesondere bei *Anoplodium gracile* ist dieser Teil ansehnlich entwickelt (Fig. 39). Gegen die Mitte des Organes aber nimmt die Zellhöhe plötzlich zu, das Plasma nimmt eine andere Beschaffenheit an, welche man speziell bei der eben genannten Art als schaumartig bezeichnen kann, das Lumen aber verringert sich (Fig. 35, *P*). Gegen die Penisspitze wird das Lumen sogar oft auf ein kaum wahrnehmbares Minimum eingeengt (Fig. 25, 36 und 39), wogegen die Zellen an dieser Stelle ihre bedeutendste Höhe erreichen und ihre Plasmastruktur ein festeres Gefüge zeigt. Besonders deutlich sind diese Abschnitte an günstig getroffenen Längsschnitten erkennbar. Während der obere, weite Teil als Vesicula fungiert und oftmals Spermaballen enthält, können wir den distalen, engen Teil als Ductus ejaculatorius betrachten. Die Zellkerne sind an allen Abschnitten des Penis leicht zu unterscheiden, aber nur von geringer Größe.

Sehr kräftig ist die Entwicklung der Muskulatur dieses Organes. Es findet sich eine innere Schicht von Longitudinalmuskeln, welche sich durch die ganze Länge des Penis erstrecken, und eine äußere Schicht von Zirkulärfasern, die sich durch besondere Breite auszeichnen und infolge dieses Umstandes in Eisenhämatoxylinpräparaten der Peniswand ein eigentümlich gestreiftes oder gebändertes Aussehen verleihen

Digitized by Google

(Fig. 26). Eine chitinöse Auskleidung, wie Graff beschrieb (7, p. 164, Taf. 14, Fig. 13), habe ich nie beobachtet, desgleichen sah ich am Penis niemals so eigenartige vorspringende Zellen, wie sie der genannte Autor abgebildet hat; wahrscheinlich dürfte es sich dabei um eine Verwechslung mit einem Organe des weiblichen Geschlechtsapparates handeln, nämlich um den Uterus, dessen Zellen ein derartiges Verhalten zeigen. Auch an den von Graff abgebildeten Querschnitten (7, Taf. 14, Fig. 14 bis 16) kann ich der Deutung dieses Autors nicht beistimmen; denn tatsächlich liegt in Querschnitten stets der Uterus dem ventralen Körperepithel am meisten genähert und nicht der Penis, ihm zunächst liegt der Ductus communis, dann erst das männliche Begattungsorgan und endlich, am meisten nach der Dorsalseite verlagert, findet sich die Vagina.

Der Penis mündet in eine kanalförmige Ausstülpung des Atriums, welche ich als Atrium masculinum betrachte und die im histologischen Baue dem Atrium commune gleicht. Die Penisspitze ragt in diesen Vorraum oft papillenförmig (Fig. 39) vor, so daß sie in manchen Serien in 2 oder 3 Querschnitten (Schnittdicke = 4 μ) von der Atriumwand ringförmig umschlossen erscheint (Fig. 36). Den Begattungsakt selbst habe ich nie beobachtet, doch sah ich zu wiederholten Malen Anoplodien herumkriechen, deren Penis mehr oder minder ausgestülpt war (Fig. 24); hiebei wird offenbar das Atrium masculinum handschuhfingerartig umgestülpt und die Spitze des Begattungsorganes schiebt sich durch das Atrium hindurch und bei der Geschlechtsöffnung heraus. In diesem Zustande bildet dann die Wand des Atrium masculinum die äußere Bekleidung des Penis. Wahrscheinlich wird bei diesem Akt das ganze Atrium genitale dem Hinterleibsende genähert und ermöglicht so die Ausstülpung; die leichte Verschiebbarkeit aller Teile des Geschlechtsapparates kann nicht überraschen, wenn man die Veränderlichkeit und geringe Formbeständigkeit des Mesenchymgewebes in Betracht zieht, in welches ja alle diese Teile eingebettet sind.

Umfangreicher und komplizierter als der männliche Genitalapparat ist der weibliche, welcher zwei von dem unpaaren Keimstock getrennte, mächtige, geweihartig ver-

Digitized by Google

zweigte Dotterstöcke erkennen läßt. Die letzteren verleihen der Gattung *Anoplodium* in Quetschpräparaten das typische Gepräge. Die Form und Größe des ersteren sind normal, die Zellen desselben sind in dem zweilappigen blinden Ende noch nicht durch Grenzen voneinander geschieden und erst mit dem allmählichen Größenwachstum erreicht jede Keimzelle eine vollständige Selbständigkeit; im Endteile bildet jede derselben eine jener geldrollenartig angeordneten Scheiben, welche man auch am lebenden Tiere oft schön beobachten kann (vergl. auch 7, Taf. 14, Fig. 12). Kern und ein mächtiges Kernkörperchen sind deutlich zu beobachten, doch bieten uns die histologischen Verhältnisse dieses Organes nichts, was von dem Baue desselben bei anderen schon bekannten Arten abweicht. Der Durchmesser eines reifen Eies beträgt etwa 0·027 *mm*.

Die Zweige der Dotterstöcke konvergieren gegen einen etwas hinter der Körpermitte gelegenen Punkt, sind an jugendlichen Individuen noch wenig entwickelt und besitzen hier ein noch größtenteils undifferenziertes Plasma; nur in den medianen Partien sind manchmal schon die Umwandlungsprodukte dieser Zellen zu sehen, die Dotterschollen, deren Entwicklung schon an anderen Turbellarienarten und Gattungen genau studiert und beschrieben wurden, so daß ich über diesen Punkt hinweggehen zu können glaube. Bei älteren Individuen nimmt die Größe der Dotterstockäste stetig zu und bestehen dieselben endlich fast ausschließlich aus Partien, welche Dotterschollen führen. An Quetschpräparaten von Anoplodien (Fig. 5) kann man häufig zwei scheinbar getrennte Teile dieses Organes jederseits unterscheiden: einen mehr median gelegenen und einen randständigen; beide sind scheinbar oft gar nicht oder doch nur durch einige sehr dünne, schwer wahrnehmbare Gänge verbunden. Die Erklärung für diese Erscheinung ist darin zu suchen, daß sich in der mittleren, vom Dotterstock scheinbar freien Partie der Hoden findet und hiedurch unter dem Druck des Deckglases die Dotterstockteile verdrängt, beziehungsweise die Dotterschollen aus denselben gepreßt werden. Tatsächlich ist von einer solchen Zweiteilung dieses

Digitized by Google

Organes weder an Schnitten noch an ungequetschten Individuen etwas erkennbar.

An vollkommen ausgewachsenen Exemplaren, bei welchen viel Dottermaterial schon aufgewendet wurde, erscheint in den Dotterstöcken ein Netzwerk, aus dessen Lücken offenbar die Schollen schon ausgefallen sind; dieses Netzwerk ist aus einer feinfaserigen Substanz mit zahlreichen eingelagerten Körnchen gebildet, offenbar ein Restkörper, welcher bei der Umwandlung des Plasmas der ursprünglichen Dotterzellen in die Dotterschollen zurückbleibt. Kerne sind in diesem Netzwerk nicht mehr vorhanden; hie und da aber liegen noch einzelne Dotterschollen in den Lücken desselben und am Rande schließen sich meist noch Partien undifferenzierter Zellen an, deren Plasma erst in Dotterschollen umgewandelt werden muß (Fig. 27).

Auch die Dotterstöcke und der Keimstock sind wie die Hoden von mesenchymatösen Membranen umschlossen. Die einzelnen Dotterstockäste gehen in feine Ausführungsgänge über, welche sich jederseits endlich zu einem Dottergang vereinen, der in die Bursa seminalis einmündet. Die Dottergänge haben ein eigenes Epithel mit deutlichen Kernen, welch letztere aber gegen die erwähnte Bursa zu sehr selten werden; in den Ausführungsgängen der einzelnen Dotterstockäste aber sind sie ziemlich häufig zu bemerken (Fig. 41).

Die Bursa seminalis ist eine annähernd kreisrunde Kammer (Fig. 20, *bs*), deren Wand aus Zellen von sehr veränderlichem Aussehen besteht; sie enthalten stets einen rundlichen Kern, erscheinen bald hoch, bald niedrig, zeigen eine ausgesprochene Längsstreifung oder eine schaumige Struktur (Fig. 22). Diese Variabilität dürfte wohl mit dem jeweiligen Grade der Entwicklung der Sekrete dieser Zellen zusammenhängen; denn zweifelsohne sind dieselben von drüsiger Beschaffenheit. In dieser Bursa wird das bei der Kopulation aufgenommene Sperma aufbewahrt, sie fungiert also als Receptaculum seminis, weshalb man sie oft mit Spermaballen erfüllt sehen kann. Wird nun eine reife Keimzelle aus dem Uterus ausgestoßen, so gelangt dieselbe durch einen nur sehr kurzen Ovidukt, dessen flaches Epithel auch einzelne platte Kerne

Digitized by Google

besitzt (Fig. 40), in diese Bursa, wird hier befruchtet und gleichzeitig auch mit Dotter versorgt. Das nunmehr entwicklungsfähige Ei, beziehungsweise ein Embryo wandert nun in einen Kanal, welcher genau an jener Stelle aus der ventralen Bursawand entspringt, wo einer der beiden Dottergänge mündet. Derselbe ist sehr eng, daher am lebenden Tiere nahezu nie bemerkbar und wird nur durch ein hindurchgleitendes Ei ausgedehnt. Ich nenne diesen Kanal, der von den Autoren bisher übersehen wurde, Ductus communis (Fig. 20, *dc*), da er zur Aufnahme von Keimzelle und Dotter bestimmt ist. Wenn die Eikapsel eben gebildet wurde und der kolbige Teil derselben bereits in den Uterus eingetreten ist, so liegt in diesem Ductus noch der geißelförmige Stiel der Eikapsel und in einem solchen Falle habe ich auch an einem lebenden Tiere diesen Gang unterscheiden können (Fig. 7). Er mündet in den Anfangsteil des Uterus, nahe der Einmündung des letzteren in das Atrium genitale. Das Epithel dieses Ductus ist ein Plattenepithel mit spärlichen Kernen, von sehr feinen Längsmuskeln umspannt. Seine Wand wird von den Ausführungsgängen eines Büschels nicht unansehnlicher, erythrophiler Drüsen durchbohrt (Fig. 35, *sd*), deren Sekret in dem Endteil des Ductus wie auch manchmal im basalen Teile des Uterus zu beobachten (Fig. 20, *sds*) ist. Es sind dies jedenfalls die Schalendrüsen, von welchen die ansehnliche Eikapsel gebildet wird. Von diesem Ductus communis hat L. v. Graff vielleicht etwas gesehen, wenn auch nicht völlig erkannt, indem er nämlich schreibt, daß die Dotterstöcke vermutlich durch einen unpaaren Kanal in das Atrium oder den Anfangsteil des Uterus einmünden. Tatsächlich aber münden die Dottergänge, wie erwähnt, in die Bursa seminalis, aber an der Einmündungsstelle des einen derselben entspringt eben jener Kanal. Da die Bursa dorsal vom Penis gelegen ist, der Uterus aber ventral, so sehen wir in der Profilansicht (Textfigur 1) den Ductus sich mit dem Penis kreuzen; zum größten Teil aber verlauft ersterer ventral von letzerem.

Die Bursa seminalis ist durch einen ansehnlichen Gang auch direkt mit dem Atrium commune verbunden, nämlich durch die Vagina *(V)*; diese ist in der Mitte oftmals eingeschnürt,

Digitized by Google

besteht aus ansehnlichen Epithelzellen mit deutlichen Kernen und besitzt eine Muskularis aus Längs- und Ringfasern. Oft springen einzelne ihrer Epithelzellen papillenartig gegen das Lumen vor, was ich als Ausdruck einer gewissen Bewegungsfähigkeit und Formveränderlichkeit derselben ansehe; die Vagina mündet sowohl in die Bursa wie in das Atrium von der Dorsalseite ein.

Eine ähnliche, aber in noch höherem Grade formveränderliche Beschaffenheit als die Zellen der Vagina haben auch jene des Uterus *(Ut)*; die freie Fläche seines Epithels sieht stets wie gezackt oder gezähnt aus. Die Größe dieses Organes ist abhängig von dem Umstande, ob es eine Eikapsel enthält oder nicht. Im ersteren Falle wird es in bedeutender Weise ausgedehnt sowie auch verlängert und ist von der Eikapsel prall erfüllt. In kontrahiertem Zustande erscheint der Uterus als ein Gang von mäßiger Weite (Fig. 20, *Ut*). Durch die Kontraktionen seiner Längsmuskeln kann er verkürzt und dadurch die Eikapsel herausgepreßt werden. Das Uterusepithel ist nicht drüsig und zeigt auch nicht schaumige Struktur, wie Graff geglaubt hat (7, p. 377)

Das Atrium genitale ist eine Einstülpung des äußeren Körperepithels; nahe der Ausmündung sind die Kerne länglich, ziemlich dicht aneinander gedrängt (Fig. 21) und kranzartig um das Lumen angeordnet. In den inneren Teilen des Atriums aber sind die Zellkerne mehr rundlich geformt und nie gedrängt, sondern verstreut. Verfolgt man eine Querschnittserie vom Hinterende des Leibes nach vorn, so sieht man anfänglich ein einheitliches, seitlich etwas komprimiertes Atrium; nach vorn aber machen sich allmählich zwei übereinander gelegene seitliche Einschnürungen an demselben bemerkbar (Fig. 38), das erste Anzeichen der Spaltung seines Lumens in drei gesonderte Räume: Uterus, Atrium masculinum und Vagina (Fig. 37). Noch weiter nach vorn erkennt man dann die Abtrennung des Ductus communis vom Uterus (Fig. 36). Ein besonderes Atrium femininum ist nicht zu unterscheiden. Atrium commune und Atrium masculinum sind durch den Besitz einer Basalmembran und eigener Muskeln ausgezeichnet, welche Fortsetzungen der Balsalmembran und des

Digitized by Google

Muskelschlauches der Haut sind. Es sind teils Ring-, teils Längsfasern zu bemerken, dazwischen anscheinend auch einige gekreuzte. Um die Geschlechtsöffnung herum bilden diese Muskeln ein sehr dichtes Geflecht, das als Schließapparat fungiert. Außer den erwähnten Muskeln finden sich aber auch noch andere, welche nicht in ihrem ganzen Verlaufe der Atriumwand und den Geschlechtsausführungsgängen so innig anliegen und jedenfalls auf Mesenchymmuskeln zurückzuführen sind; sie ziehen vom Atrium an die Ausführungsgänge, teilweise aber auch an den Hautmuskelschlauch. Durch die vereinte Wirkung aller dieser Muskeln werden die mannigfachen Bewegungen des Geschlechtsapparates bei der Begattung, bei der Fortbewegung des Eies sowie bei der Eikapselausstoßung hervorgebracht. Zellgrenzen sind im Atrium wie auch in den Geschlechtsausführungsgängen nicht erkennbar.

Die anfangs ungefärbte Eikapsel nimmt bald nach ihrer Bildung eine schwefelgelbe bis chromgelbe Färbung an. Sie hat die Form eines an einem Ende langgestielten Ovals oder einer Birne, deren Größe ohne Stiel bei *Anoplodium parasita* ungefähr in der Länge 0·15 *mm*, in der Breite 0·06 *mm* beträgt, bei *A. gracile* um weniges aber geringer ist. Ich stelle mir die Bildung dieses Eibehälters folgendermaßen vor. Wenn die Keimzelle mit dem Dotter in den Ductus communis tritt, so wird derselbe ausgeweitet und nimmt eine ovale Form an. Durch den Reiz, welchen die Keimzelle beim Passieren des Ductus auf diesen ausübt, wird die sekretorische Tätigkeit der Schalendrüsen ausgelöst, das Sekret umschließt den Keim und den Dotter in der Form, welche der Ductus in diesem Zustande hat, und erhärtet so zu dem birnförmigen Teile der Eikapsel. Wenn dann das Ei aus dem Ductus aus- und in den Uterus eingetreten ist, so dauert die Tätigkeit der Drüsen noch weiter an; da aber der Ductus nicht mehr vom Ei erfüllt ist und daher auf ein nur kleines Lumen zusammenschrumpft, so nimmt auch das erhärtende Sekret nunmehr eine der jetzigen Gestalt des Ductus communis entsprechende Form an und bildet solchermaßen den schlanken Stiel. Dieser ist, wie schon Graff (7, p. 378) beobachtet hat, stellenweise hohl (Fig. 23), indem das Sekret nicht den ganzen

Digitized by Google

Innenraum des Ductus erfüllen konnte und daher Blasen im Innern einschließt. In der Form des Hohlraumes der Eikapsel machen sich kleinere Verschiedenheiten geltend, indem das im allgemeinen ovale Lumen gegen die Wurzel des Stieles bald abgerundet erscheint (Fig. 6), bald aber in eine Spitze ausgezogen ist (Fig. 8, 23). Zu irgend einer Artunterscheidung kann aber diese Erscheinung nicht herangezogen werden, da sie rein individuell ist. Die äußere Oberfläche der Eikapsel ist glatt, die Wand hat eine Dicke, welche individuell von $2^1/_2$ bis 5 μ schwankt; die innere Fläche aber ist wabenartig vertieft, indem sich das Sekret bei der Kapselbildung an die eingeschlossenen Dotterschollen enge anzulegen scheint; oft macht es den Eindruck, als ob einzelne kleinere Schollen auch ganz vom Drüsensekret umhüllt wurden und so in die Kapselwand eingegangen wären.

In jeder Eikapsel finden sich eine Keimzelle oder deren zwei; die Bemerkung Graff's (7, p. 377), daß stets nur ein einziges, hartschaliges Ei im Uterus liege, ist dahin zu verstehen, daß immer nur eine Eikapsel sich in demselben befinde. Der Endteil des ziemlich langen Eikapselstieles ist immer wirr aufgerollt (Fig. 23), das äußerste Ende oftmals verdickt. Nicht selten findet man anormal ausgebildete Eikapseln, wie dies auch schon von dem ersten Beobachter der Gattung *Anoplodium* wahrgenommen worden war (19, p. 325). Der Prozentsatz reifer Anoplodien, deren Uterus mit einer Eikapsel erfüllt ist, scheint nicht sehr hoch zu sein, was darauf schließen läßt, daß letztere nicht allzu lange in demselben verweilt, dann aber ausgestoßen wird. Häufig findet man in der Leibeshöhle der Holothuren solche Eikapseln mit dem Stielende am Gewebe des Wirtes festhängend. Solange die Eier noch im Uterus ruhen, ist von einer weiteren Entwicklung des Embryos nichts zu bemerken. Die Hauptzeit des Embryonallebens wird offenbar außerhalb des mütterlichen Leibes verbracht. Wie die Weiterentwicklung erfolgt, speziell darüber, ob die Eikapseln vom Wirte nach außen gestoßen werden und wie etwa die Neuinfektion der Holothurien mit diesen Parasiten stattfindet, hatte ich keine Gelegenheit, Beobachtungen zu machen.

Digitized by Google

2. Graffilla. V. Ihering.

Dalyelliide mit am Vorderende des Körpers gelegenem Pharynx, paarigen Keimstöcken von der Form gewundener Bänder und davon getrennten Dotterstöcken. Geschlechtsöffnung mittelständig, Hoden schlauchartig.

Von dieser Gattung fand ich die beiden, bereits von Böhmig (1) genauer untersuchten Arten, *Graffilla muricicola* Ihering zu vier Stück in vier *Murex trunculus* L. aus Triest, wogegen vier *M. brandaris* L. daselbst keinen einzigen dieser Parasiten enthielten, und *G. parasitica* Czern. in drei *Tethys leporina* Cuv. in Neapel, letzteren Schmarotzer sogar in ganz enormer Anzahl und in Organen, welche bisher nicht als Sitz desselben bekannt waren. In der ersten der drei *Tethys* waren weit über 400 Turbellarien enthalten, von denen drei sich bereits losgelöst hatten und in dem Wassergefäß frei umherschwammen, weitere vier Stück steckten im Bindegewebe des Fußes und des Kopfschirmes, alle übrigen aber fanden sich in den inneren Organen, wie insbesondere Niere und Zwitterdrüse. Die große Mehrzahl derselben war noch sehr jung, fadenförmig und so klein, daß sie mit freiem Auge kaum wahrzunehmen waren, ein kleinerer Teil aber war schon ausgewachsen und zu letzterem gehörten alle, welche das Wirttier bereits verlassen hatten oder in dessen Haut steckten. Bei dem zweiten Exemplare waren schon zirka 60 Parasiten frei geworden, eine größere Zahl steckte noch in der Haut, der weitaus größte Rest aber wiederum war in der Zwitterdrüse, Niere und in der Darmwand zu finden. In dem dritten Individuum von *Tethys*, welches selbst noch sehr jung und klein war, fanden sich in der Haut gar keine, in den inneren Organen einzelne Exemplare dieses Turbellars. Lang (12, p. 107), welcher *Graffilla parasitica* ziemlich gleichzeitig mit Czerniavsky (4) gefunden hat, beschrieb sie als Parasiten des Bindegewebes des Fußes; aus meinem Befund aber erhellt, daß diese Ansicht eine irrtümliche ist und daß diese Dalyelliide sich als Schmarotzer der inneren Organe der *Tethys* entwickelt,

Digitized by Google

und daß nur völlig geschlechtsreife Individuen in das Körperintegument ihres Wirtes auswandern, um es zu durchbohren und auf diesem Wege ins Freie zu gelangen; vermutlich pflanzen sie sich dann außerhalb fort und verursachen neue Infektionen.

Ich habe in Fig. 4 Habitusbilder dieser Art gebracht, da solche noch nicht existieren (Böhmig hatte nur konserviertes Material für seine Untersuchungen zur Verfügung). Das lebende Tier ist gelblich rot, in der Mitte oft etwas dunkler gefärbt und daselbst häufig eingeschnürt; die Länge des Tieres beträgt im ausgewachsenen Zustande über 2 *mm*, bei einer Breite von über $^1/_2$ *mm*. Einzelne Exemplare waren aber lichtockergelb gefärbt; ob darin eine dem Tode vorausgehende Erscheinung zu sehen ist, oder welche andere Ursache diese anormale Färbung bedingten, ist mir nicht bekannt.

Ich habe weder die Anatomie noch Histologie dieser Gattung untersucht, da uns ja über dieselben bereits eingehendere Untersuchungen vorliegen, nur den Epithelverhältnissen des Pharynx wandte ich meine Aufmerksamkeit zu. Da konnte ich mir die Überzeugung verschaffen, daß dieselben sich genau so verhalten, wie ich sie im Vorangegangenen für *Anoplodium* beschrieben habe und wie ich sie zuerst bei der neuen Gattung *Umagilla* erkannt habe, wo die Verhältnisse besonders klar liegen, wie ich im zweiten Teile dieser Arbeit noch darlegen werde. Bei Einsichtnahme in die Literatur über *Graffilla* sah ich, daß F. Schmidt (17) bei *Graffilla Brauni* sich über diesen Punkt der Histologie überhaupt nicht äußert und er nur von einem Ösophagus spricht (p. 310), welcher oft »kropfartig« aufgetrieben sei. Letztere Art habe ich leider nicht untersuchen können. Für *Graffilla parasitica* aber ersah ich aus der Arbeit Lang's, daß dieser zur nämlichen Auffassung wie ich gelangt war, indem er sagt: »Die innere Oberfläche des Schlundes ist von einer Fortsetzung des Darmepithels überzogen. An der Übergangsstelle desselben in den afterlosen Darm finden wir nämlich konstant birnförmige Darmzellen, deren sackförmiges Ende nach vorn auf die Außenfläche desselben umgeschlagen ist, während der Stiel der birnförmigen

Digitized by Google

Zellen ins Innere desselben sich begibt, seiner Wand sich anlagernd. Auf Querschnitten durch den Schlund zeigen sich daher eben diese Fortsätze als ein inneres Epithel ohne Kerne; diese letzteren finden sich nämlich in den außerhalb des Pharynx liegenden verdickten Teilen der Zellen« (12, p. 109).

Ihering (10) hat in seiner Fig. 16 einen Querschnitt des Pharynx ganz richtig gezeichnet, in dem man die schmalen Durchschnitte der Pharyngealzellen deutlich erkennen kann. In der Deutung derselben ist er aber einem Irrtum verfallen, wie dies schon Böhmig nachgewiesen hat (1, p. 13). Böhmig selbst spricht nur von einem kernlosen Pharyngealepithel (1, p. 13) und erwähnt, daß sich im hinteren Teile des Pharynxlumens nicht selten kernhaltige Zellen zwischen das Epithel und die innerste Muskelschichte eingeschoben finden. Er glaubt aber, insbesondere auf Grund der Befunde an jungen Tieren, dieselben als nach vorn gerückte Ösophaguszellen deuten zu müssen.

Ich habe derartige Verschiebungen der Kerne nicht selten beobachtet (Fig. 42); nur weiche ich in der Deutung ab, indem ich diese Kerne nicht dem Ösophagus zurechne, sondern für Kerne der Pharyngealzellen halte, die normal in dem hintersten, angeschwollenen Teile *(kr)* derselben liegen, wie dies auch Lang gefunden hat, nur daß dieser Autor sie offenbar als entodermale Bildungen betrachtete und deshalb die ganzen Pharyngealzellen birnförmige »Darmzellen« nannte. Es sind aber außer diesen Zellen des Pharynx noch andere, deutlich abgesonderte kleinere vorhanden, welche in ihrem Aussehen (Struktur und Färbung) den Pharyngealzellen ähneln und den Übergang in den Darm *(dz)* vermitteln (Fig. 42, *Oe.*); ich spreche dieselben als echten, ektodermalen Ösophagus an, der in allen Präparaten scharf und deutlich vom Kropfe gesondert erscheint. Ich glaube daher annehmen zu müssen, daß nicht Kerne des Ösophagus vorwärts in das Pharyngealepithel, beziehungsweise zwischen dieses und die Pharyngealmuskulatur wandern, sondern daß dem Pharyngealepithel eigene Kerne zukommen, welche meist in den hintersten Abschnitten seiner langgestreckten Zellen (im »Kropfe«) liegen,

Digitized by Google

aber manchmal ausnahmsweise auch in den das Pharyngeallumen auskleidenden Teil vorgeschoben werden. Auch bei den beiden mir vorliegenden Arten von *Graffilla* sind im Querschnitt die Zellgrenzen ganz deutlich erkennbar und wurden auch von Böhmig richtig beobachtet, abgebildet und so gedeutet; dagegen kann man an Längsschnitten des Pharynx in seinem Epithel nichts von Zellgrenzen bemerken, da, wie früher bereits dargelegt wurde, sich jede Zelle durch die ganze Länge des Schlundorganes und des »Kropfes« erstreckt.

3. Paravortex nov. gen.

Dalyelliide mit am Vorderende des Körpers gelegenem Pharynx, paarigen Keimstöcken, verzweigten Dotterstöcken, rundlichen Hoden und ventral vor der Körpermitte gelegener Geschlechtsöffnung.

Das Genus *Paravortex* ist *Provortex* sehr nahe verwandt und haupsächlich durch die verästelten Dotterstöcke und eine andere Lage des Geschlechtsporus von ihm verschieden.

Paravortex scrobicularіae (Graff), synonym **Macrostomum scrobicularіae** Graff.

Villot (22, p. 31, 32) fand in dem Darme von *Scrobicularia tenuis F.* und *H.* ein parasitisches Turbellar, von dem er eine nur ungenaue Darstellung gab. Er erwähnt das Vorhandensein eines am Vorderende gelegenen Mundes, zweier schwarzer Augen mit Linsen und eine eigentümliche Vermehrungsweise dieses Tieres; in allen diesen Punkten stimmt die von mir in dem Darme einer anderen Scrobicularіaart gefundene Dalyelliide überein. Graff hatte den von Villot gefundenen Parasiten *Macrostomum scrobicularіae* genannt, aber auch schon Zweifel ausgedrückt, ob wir es tatsächlich mit einem Vertreter dieses Genus zu tun hätten (7, p. 245, 246).

Ich fand den *Paravortex scroubicularіae* in 69 von 125 untersuchten Individuen von *S. piperata (Gm) Ad.* in Triest. Dieselben enthielten zusammen 290 Parasiten. Später fand ich in Neapel den Darm von *Tapes decussata Meg.* in 36 von 50 Fällen infiziert mit dem nämlichen Schmarotzer, in der Gesamtzahl von 207 Exemplaren; die höchste Zahl derselben in einer

Digitized by Google

Scrobicularia betrug 22, in einer *Tapes* 45; in letzterem Falle, wie überhaupt immer, wenn ich ziemlich viele in einem Wirte beisammen lebend fand, waren es größtenteils sehr junge Individuen.

Wenn man den Darm dieser Muscheln sorgfältig heraus präpariert, kann man im durchfallenden Lichte bei etwa zehnfacher Vergrößerung die älteren, ausgewachsenen Exemplare schon recht gut durch die Darmwand durchschimmern sehen. Spaltet man dann die Darmwand mit Zupfnadeln der Länge nach, so werden die Parasiten frei und schwimmen im Seewasser in der Uhrschale ziemlich lebhaft umher, oftmals unter rotierenden Bewegungen, oder sie suchen sich unter Fetzen der Darmwand zu verbergen; das Licht scheint sie zu beunruhigen.

Für die Aufsuchung des Parasiten ist es von Vorteil, die Muscheln vorher einige Tage lang in Aquarien mit reinem Seewasser zu halten, damit der Darm möglichst leer wird. Ich habe mir nach Graz Scrobicularien aus Triest schicken lassen und hielt dieselben dort durch mehrere Monate, ohne daß ich eine Schädigung der Lebensbedingungen dieser Turbellarien, beziehungsweise eine Abnahme der Zahl der letzteren bemerken konnte, ja, sie schienen mir dann sogar eher zahlreicher zu sein, wie wenn sie sich noch in den Aquarien vermehrt hätten, oder als ob die Parasiten mancher eingegangener Muscheln in den Darm der überlebenden ausgewandert wären.

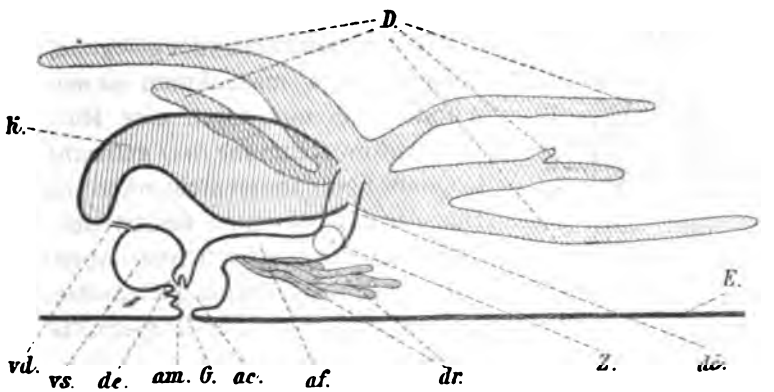
Anatomie.

Paravortex scrobiculariae hat einen annähernd runden Querschnitt, ist gegen das Vorderende etwas verjüngt und zeigt seine größte Breite meist ein wenig hinter der Körpermitte. Die Tiere sind, wie in Fig. 3 abgebildet, blaßgelblich gefärbt, manchmal im durchfallenden Lichte und bei schwacher (zehnfacher) Lupenvergrößerung mit rötlichem Schimmer. Ihre Länge variiert sehr nach dem Alter, von ungefähr 0·4 bis gegen 1 *mm*, bei einer Breite von etwa 0·15 bis 0·35 *mm*; ja ich habe sogar in Neapel ein Exemplar von 1·28 *mm* Länge und 0·45 *mm* Breite gefunden und ein zweites Individuum, welches bei der gleichen Breite 1·1 *mm* lang war. Diese Zahlen beziehen sich auf ungequetschte, lebende oder konservierte Tiere, wogegen

Digitized by Google

mir die Maße eines gequetschten Exemplares weniger instruktiv scheinen, da selbe weniger von der wirklichen Gestalt und Größe des Objektes, als von dem Grade der Quetschung abhängen. *Paravortex scrobiculariae* hat im allgemeinen eine ziemlich beständige Körperform, die nur durch geringe Verkürzungen der Längsachse und langsame Biegungen derselben wenig verändert wird.

Sehr junge Individuen oder schon ältliche (Fig. 1) lassen in Quetschpräparaten von dem inneren Baue meist fast nichts erkennen; die ersteren, weil sie noch zu wenig entwickelt sind,



Textfig. 4.

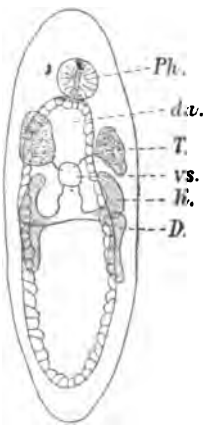
Schematische Profilansicht des Geschlechtsapparates von *Paravortex scrobiculariae*. 230fache Vergrößerung.

die letzteren aber, weil bei ihnen die zahlreich vorhandenen Embryonen alle übrigen Details verdecken. An anderen Exemplaren hingegen kann man, wenn nur wenige Embryonen vorhanden sind, die allgemeine Organisation ziemlich vollständig überblicken. Man erkennt (vergl. Fig. 43 und Textfigur 4) ein außergewöhnlich dicht — ich möchte fast sagen — pelzartig bewimpertes Epithel, durch welches am vorderen Stirnrande einige Drüsen *(F)* nach außen münden. Ziemlich nahe dem Vorderende liegt ventral die Mundöffnung und unmittelbar dahinter der kugelige Pharynx *(Ph)*, welcher durch einen kurzen, kropfartigen Abschnitt in den Darm übergeht; dem Pharynx

Digitized by Google

angelagert zieht von einer Seite quer zur anderen das Gehirn *(C)*, nach vorn seitlich in zwei Zipfel ausgezogen, an deren Enden die Augen jederseits liegen, welche kugelige Pigmentkörnchen sowie mehrere Linsen erkennen lassen und seitlich vom Pharynx gelagert sind.

Nur wenig hinter dieser Region finden sich ventral beiderseits die rundlichen, bald mehr kugeligen, bald mehr langgestreckten Hoden *(T)*, welche mittels feiner nur selten wahrnehmbarer Vasa deferentia *(v d)* in eine sehr scharf umschriebene Blase *(vs)* einmünden, welche als Vesicula seminalis zu deuten ist und durch einen kurzen Ductus ejaculatorius in das unmittelbar dahinter gelegene, sehr kleine Atrium masculinum *(a m)* einmündet, das nur durch eine Ringfalte vom Atrium commune *(a c)* getrennt und in Quetschpräparaten nicht erkennbar ist. Das Atrium commune besitzt der Einmündung des männlichen Apparates gegenüber eine Öffnung nach außen, den ventral, etwas vor der Körpermitte gelegenen Geschlechtsporus *(G)*. Der weibliche Geschlechtsapparat besteht aus einem paarigen, ventral gelegenen, nach vorne sich erstreckenden Keimstock *(K)* sowie einem paarigen Dotterstock *(D)* mit mehreren, teilweise im vorderen Körperabschnitte, hauptsächlich aber in den hinteren Partien befindlichen Ästen. Die Dotterstöcke vereinigen sich untereinander und mit dem Keimstockende annähernd in der Mitte der Körperlänge oder etwas dahinter zu einem rechten und linken Keimdottergang oder Ductus communis *(d c)*, die beide horizontal gegen die Mitte verlaufen, dort verschmelzen und daselbst in das Atrium femininum *(a f)* münden, welches als unpaarer Gang von hinten in das Atrium commune *(a c)* führt.



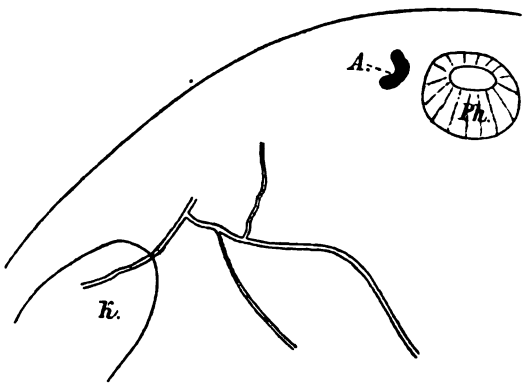
Textfig. 5.

Paravortex scrobiculariae, juvenis. 100fache Vergrößerung.

In der blasig erweiterten Vereinigungsstelle der beiden Keimdottergänge kann man sehr häufig auch am lebenden Tiere

Digitized by Google

Spermatozoen beobachten; diese Stelle fungiert offenbar als receptaculum seminis *(rs)*. In meiner Fig. 1 sind die Dotterstöcke nahezu unerkennbar, weil sie durch die bereits zahlreich vorhandenen Embryonalkammern verdeckt waren; ich verweise diesbezüglich auf die Abbildung Fig. 43. Die Zahl und Größe der Dotterstockzweige variiert sehr nach dem Alter der Tiere; bei jungen ist entweder noch gar nichts von denselben zu sehen oder nur ein einziger sehr kurzer Strang (Textfigur 5), welcher nach hinten verläuft. Erst später entwickeln sich die übrigen Äste dieses Organes. In älteren Tieren sind eine mehr



Textfig. 6.

Paravortex scrobiculariae Exkretionskanäle. 180fache Vergrößerung.

oder minder große Zahl der Embryonalkammern erkennbar, welche meist zwei oder auch hie und da nur einen Embryo enthalten. In diesen Embryonalkammern kann man anfänglich die Keimzelle, später in der Entwicklung schon weit vorgeschrittene Embryonen erkennen. Zwei in einer Kammer beisammen befindliche Embryonen liegen Seite an Seite, entweder mit den gleichnamigem Polen nach derselben Richtung orientiert (Fig. 54), wie das die Regel ist, oder auch das eine verkehrt gegen das andere.

Alle von Darm, Gehirn und dem Geschlechtsapparat frei gelassenen Zwischenräume sind von dem Mesenchymgewebe erfüllt, welches der Träger des diffusen, gelblichen Pigmentes ist.

Digitized by Google

Paravortex scrobiculariae ist die einzige hier beschriebene Turbellarienart, bei der ich etwas von den Exkretionskanälen beobachtet habe. Bei einem gequetschten lebenden Individuum von zirka 1 *mm* Länge konnte ich einige Kanäle an der rechten Seite sehen (Textfigur 6), desgleichen einzelne linkerseits, jedoch weniger deutlich, weil daselbst Embryonen lagen. Auch bei einigen anderen Exemplaren waren kleine Teile dieses Organsystems erkennbar, jedoch in noch geringerem Maße als dies bei dem oben abgebildeten der Fall war. Eine weitere Einsicht in den Verlauf der Exkretionskanäle habe ich nicht erhalten.

Zur Gattung *Paravortex* ist jedenfalls jenes parasitische Turbellar zu ziehen, welches von Kunstler (11) in *Solen vagina (L.)* gefunden und von Busquet (3, p. 135) abgebildet wurde. Es ist ganz ähnlich gebaut (vergl. 8, p. 8 und 9) und hätte jener Autor nicht so scharf markierte, radial angeordnete Drüsen um die Geschlechtsöffnung herum eingezeichnet, so müßte ich beide Arten für identisch erklären. Den *Provortex tellinae* Graff aber, welchen R. Leuckart (13, 14) gefunden und mit wenigen Worten auch beschrieben hat, möchte ich jedenfalls mit meinem *Paravortex scrobiculariae* identifizieren; es entfiele dann dieser Artname, da die Bezeichnung *scrobiculariae* die Priorität besitzt. Leider habe ich selbst in Tellinen nichts von Parasiten gefunden. Ob auch der von Vaillant (21) gefundene Schmarotzer aus *Solen vagina* hieher gehört, läßt sich nach der kurzen von diesem Autor gegebenen Beschreibung nicht mit Sicherheit sagen.

Histologie.

Das Epithel der Körperoberfläche besteht aus sehr großen Zellen, die in zur Oberfläche parallelen Schnitten polygonal sind (Fig. 44). Die Zellkerne sind mit einer dünnen Membran umgeben und enthalten ein mit Kernfarbstoffen sich lebhaft färbendes Kernkörperchen. Um den Kern ist das Plasma etwas dichter angeordnet als in den übrigen Partien, wo es auf flächenhaften Anschnitten der Zelle punktiert erscheint (Fig. 44), in Schnitten aber, welche senkrecht zur Oberfläche geführt sind, eine deutliche, feine Längsstreifung zeigt. Der Außenrand der Epithelzellen färbt sich mit Eisenhämatoxylin meist

Digitized by Google

homogen schwarz, der Audruck der hier liegenden Basalkörper der außergewöhnlich dicht stehenden Wimpern. Bei genügender Entfärbung und bei Betrachtung mit homogener Immersion löst sich diese Kontur tatsächlich in eine Reihe kleiner schwarzer Pünktchen auf, aus denen die Zilien entspringen. Manchmal kann man außerhalb der Basalkörperschichte noch eine schmale Plasmapartie erkennen (Fig. 45), die sich wie das Plasma der Epithelzellen färbt, und man kann dann beobachten, wie die Wimpern *(ci)* diese oberflächlichste Schichte durchdringen und in den Basalkörpern wurzeln. Eine reihenweise Anordnung der Zilien war nicht bemerkbar, sie schienen mir regellos zu stehen. Die oberflächlichste Schichte täuscht bei Quetschpräparaten lebender Tiere leicht eine Kutikula vor. Die Zellgrenzen sind bei günstiger Färbung erkennbar; an flächenhaften Anschnitten färbt sich die Interzellularsubstanz dunkel und bildet eine dicke Kontur um jede der Zellen. Die Höhe der Zellen beträgt in ausgewachsenen Individuen etwa 5 bis $7^1/_2\,\mu$, der Querdurchmesser (auf Schnitten) zirka $15\,\mu$, die Länge der Wimpern ist annähernd $5\,\mu$. Letztere erscheinen je nach dem Kontraktionszustande des Tieres und seines Epithels bald um weniges kürzer, bald um weniges länger als die Höhe der Epithelzellen der Haut.

An der Basis des Epithels findet sich eine sehr feine Basalmembran, die man nur auf Längsschnitten des Tieres mit Sicherheit von der daruntergelegenen Ringmuskulatur *(rm)* unterscheiden kann. Diese letztere besteht aus einzelnen, in Abständen von 2 bis $3\,\mu$ gelegenen Fasern, welche nicht in Bündeln zusammengefaßt erscheinen. Unterhalb der Ringfasern liegt eine Schichte von Längsmuskeln *(lm)*, deren Elemente aber zu je drei oder vier in Bündeln vereinigt sind, welche ihrerseits in Abständen von je $5\,\mu$ parallel zueinander verlaufen. Unterhalb dieser Längsmuskeln findet sich noch eine Lage etwas unregelmäßiger liegender Diagonalmuskeln *(dm)*, die teilweise einzeln, teilweise zu zweien unmittelbar aneinander geschmiegt verlaufen. Die Muskelfasern aller drei Schichten sind ungefähr gleich dick. Sie lassen sich am besten an Schnitten erkennen, welche diese Schichte des Körpers flächenhaft treffen (Fig. 46).

Digitized by Google

Unterhalb des Hautmuskelschlauches liegt ein Mesenchymgewebe, welches alle Räume des Tieres erfüllt. Es zeigt das gewöhnliche Bild, ein netzartiges System von Balken und Membranen (Fig. 47), spärlich eingelagerte Zellkerne und den Mangel erkennbarer Zellgrenzen. Die im Leben zähflüssige, wasserreiche Substanz, welche dieses Maschenwerk erfüllt, die periviszerale Flüssigkeit oder das Saftplasma, erscheint in den Präparaten meist zusammengeschrumpft und füllt die Hohlräume nicht mehr vollständig aus; das Gerüstplasma bildet um manche Organe feste, stützende Hüllen.

Am Stirnende sind in dieses Bindegewebe einige erythrophile Drüsenzellen (Fig. 1, 2 und 43, *F*) eingebettet, welche an der Kopfspitze durch das Epithel nach außen münden und an welche feine Nerven heranzutreten scheinen. Sie sind schon am lebenden Tiere, wie bereits erwähnt, als helle, glänzende Gebilde zu beobachten; ihr Sekret färbt sich mit Eosin leuchtend rot und ist feinkörnig. Es handelt sich hiebei wohl um ähnliche Drüsen wie die Kopfdrüsen, welche Luther (15, pag. 24) bei *Castrada* und *Typhloplana* beschrieben hat.

Eine im Mesenchym liegende, innere Körpermuskulatur ist nicht vorhanden, ein Umstand, mit welchem die geringe Formveränderlichkeit dieser Art innig zusammenhängt. Nur im Zusammenhang mit dem Pharynx und dem Geschlechtsapparat finden sich einzelne Bündeln von Muskelfasern, auf die ich bei späterer Gelegenheit zurückkommen werde.

Das Gehirn liegt bogenförmig, etwas oberhalb und hinter dem Pharynx, also in der Höhe des Pharyngealkropfes, und ist leicht erkennbar. Es besteht aus einer zentralen Masse von Fasern (Fig. 47, *c*), von welchen ein großer Teil bogig von links nach rechts zieht, daher auf Querschnitten in der Länge getroffen erscheint. Dieser Partie sind peripher sowohl ventral als auch insbesondere dorsal und lateral Ganglienzellen in annähernd symmetrischen Gruppen angelagert. Vom Gehirne gehen zahlreiche Nerven aus, die ventral oder lateral verstreichen und in ihrem weiteren Verlauf nicht mehr erkennbar sind. Nach vorn zu ist das Gehirn in zwei seitliche Zipfel ausgezogen, denen die beiden Augen direkt anliegen. Diese bestehen aus kugeligen, schwarzen Pigmentkörnern von einer

Digitized by Google

Dicke bis zu $3^1/_2$ μ, welche dicht beisammen gruppiert liegen, und denen außen (seitlich) einige kugelige, hyaline Linsenkörper angelagert sind, die sich mit Eosin leuchtend rot färben und deren Größe sehr variiert (Fig. 48). Der Durchmesser einer Linse kann bis zu 5 μ betragen.

Die Mundöffnung ist ventral, nahe dem vorderen Körperende gelegen. An dieser Stelle schlägt sich das Hautepithel nach innen um, verliert plötzlich seine Bewimperung und geht so in das Epithel der Pharyngealtasche über (Fig. 49). Am Mundrande *(Mr)* sind die Zellen mehr oder minder vorgewulstet und es lassen einzelne derselben deutlich einige kleine Vakuolen erkennen; ob diese letzteren vielleicht auf hier mündende Exkretionskanäle zurückzuführen sind, vermag ich nicht zu entscheiden. Die Mundöffnung ist von zahlreichen Muskeln umgeben, deren einige einen sphinkterartigen Schließmuskel bilden. Alle diese Muskeln liegen unmittelbar unter der Basalmembran, welche, ebenso wie das Epithel, vom Körperintegument sich in die Pharyngealtasche einschlägt, und sind auf modifizierte Hautmuskeln zurückzuführen. Im speziellen die Ringmuskeln des Körpers biegen nach innen um, streichen an der Pharyngealtasche vorbei, inserieren mit einem Ende am Pharynx und stellen so einen Protraktormuskelapparat des letzteren dar.

Die Pharyngealtasche hat eine nicht unbedeutende Weite, die sich nahezu auf dieselbe Dimension ausdehnen kann, als der Durchmesser des Pharynx groß ist. In dem äußeren Epithel der Pharyngealtasche (Fig. 50, *apt*) konnte ich bisweilen Kerne finden; aber in jenem Teile, welcher das äußere Pharyngealepithel *(ipt)* darstellt, nie. Hingegen sah ich manchmal dem peripheren Rande dieser Tasche Kerne angelagert, die vielleicht als Kerne eingesenkter Epithelzellen dieses Teiles gedeutet werden könnten (vergl. 15, p. 44). Sowohl das äußere als das innere Pharyngealtaschenepithel ist zilienlos.

Der Pharynx selbst ist annähernd kugelig, seine Längsachse mißt bei einem ausgewachsenen Individuum ungefähr 0·05 *mm*, sein Querdurchmesser 0·06 *mm*. Er besteht aus einer, das Lumen auskleidenden inneren Epithelschichte *(pe)*, welche stets eine deutliche, grobe Längsstreifung (parallel zur

Digitized by Google

Richtung der Längsachse des Pharynx) erkennen läßt. Das Lumen ist stets sehr eng. Unter dem Epithel liegt eine zarte Basalmembrane, auf welche eine Schichte mächtiger innerer Ringmuskeln *(ir)* folgt. Hingegen muß ich das Fehlen einer inneren Längsmuskelschichte im Pharynx von *Paravortex* betonen, die sich sonst fast stets im Dalyelliidenpharynx zu finden pflegt. Die Radialmuskulatur *(ram)* ist wohl ausgebildet und in gleicher Weise auch die äußeren Ringmuskeln *(arm)* und äußeren Längsmuskeln *(alm)*; weitaus am mächtigsten von allen diesen sind die inneren Ringfasern entwickelt.

Die Räume zwischen den Pharynxmuskeln sind von einem blasigen Mesenchymgewebe erfüllt, dessen Kerne *(bkp)* völlig den Kernen des übrigen Körpermesenchyms gleichen. Auch in dieser Art streichen die Pharyngealepithelzellen durch die ganze Länge dieses Organes und verdicken sich an seinem hinteren Ende zu einem kropfartigen Wulste *(kr)*, der leicht einen Ösophagus vortäuschen könnte. In diesem hintersten, birnförmig verdickten Teile derselben liegt wiederum der Zellkern, weshalb man solche im Bereiche des Pharynxlumens nicht zu finden vermag. Im Gegensatz zur ansehnlichen Länge der Pharyngealzellen ist deren Höhe nur gering, am kleinsten aber ihr Querdurchmesser, so daß eine große Anzahl von Zellen radial um das Lumen gestellt erscheinen (Fig. 51). Ein eigentlicher Ösophagus scheint dieser Gattung zu fehlen.

Am Pharynx inserieren eine Anzahl von Muskeln, welche seine Stellung zur Längsachse des ganzen Tieres zu verändern mögen. Mit dieser bildet die Pharyngealachse bald einen spitzen Winkel, bald ist letztere mehr oder minder senkrecht zur Körperachse gestellt. Der Protraktoren habe ich schon früher Erwähnung getan; die Retraktoren inserieren seitlich an der Pharyngealwand und ziehen von hier dorsalwärts, wo sie sich fächerartig ausbreiten und an den Hautmuskelschlauch sich festheften. Außerdem ist aber auch der allgemeine Kontraktionszustand des Körpers vom Einfluß auf die Stellung des Schlundes. Vom letzteren ziehen außerdem auch Längsmuskeln über den Kropf hinweg an den Darm.

Der Darm erstreckt sich annähernd durch die ganze Länge des Tieres, zeigt meist ein deutliches Lumen, welches aber wie

Digitized by Google

die Größe des Darmumfanges sehr vom Alter des betreffenden Individuums abhängt. Bei sehr reich mit Embyronen erfüllten Exemplaren erscheint das Lumen spaltförmig und es ist der ganze Darm auf einen verhältnismäßig beschränkten Raum zusammengedrängt. Bei jüngeren Tieren aber erfüllt er den größten Teil des Tierkörpers und nur spärliche Bindegewebspartien sind zwischen ihm und dem Hautmuskelschlauch vorhanden, so daß nahezu nur am Vorder- und Hinterende größere zusammenhängende Mesenchympartien sich finden. Die Zellen des Darmes sind alle untereinander gleich, spezielle Drüsenzellen mangeln völlig. Die Darmzellen sind alle reich vakuolisiert, in den einzelnen Vakuolen liegen oftmals Nahrungskörper in verschiedenen Graden der Verdauung; manche der Vakuolen sind auch leer. Die Zellkerne sind meist mehr basal gelegen, die Zellgrenzen nur schwer erkennbar. Der Darm bietet in seinem Baue nichts Besonderes. Die Höhe des Epithels schwankt je nach dem Kontraktionszustand, ist aber im allgemeinen nicht allzu bedeutend. Eine Muskularis des Darmes ist in Form einzelner Längsmuskeln vorhanden, die aber nur selten deutlich erkennbar sind.

Den Situationsplan des Geschlechtsapparates habe ich bereits besprochen, so daß hier nahezu nur mehr erübrigt, einiges über seine Histologie und Entwicklung zu sagen. Wie bei *Anoplodium* und überhaupt bei den meisten der hermaphroditischen Turbellarien ist auch hier eine gewisse Protandrie unverkennbar, bei dieser Art vielleicht in höherem Grade als bei den vorerwähnten Anoplodien. Die männlichen Organe sind zu viel früherer Zeit geschlechtsreif entwickelt als die weiblichen; an dem der Textfigur 5 zu Grunde liegenden Individuum waren die Hoden und deren Ausführungsgänge schon mächtig ausgebildet und daher leicht erkennbar, wogegen der weibliche Apparat einen ganz auffälligen, minderen Entwicklungszustand erkennen ließ. Andererseits aber ist bei älteren Tieren der Hoden nicht mehr in derselben relativen, ja kaum noch in der gleichen absoluten Größe zu finden, wie bei den Jugendstadien. In sehr vorgeschrittenem Alter reduzieren sich zuerst die Hoden, schließlich aber auch die weiblichen Geschlechtsdrüsen, Keim- und Dotterstöcke, so daß wir endlich

Digitized by Google

Individuen finden, die fast nur mehr einen Komplex von Embryonalkammern darstellen, wogegen alle übrigen Organe zurücktreten.

Die Hoden sind erfüllt mit den verschiedentlichen Entwicklungsstadien der Spermatozoen; man kann manchmal Mitosen deutlich erkennen. Der Hoden ist von Bindegewebsmembranen eingehüllt, ebenso nehmen solche auch an dem Aufbau der Vasa deferentia Teil, an denen ich Epithelkerne nie zu unterscheiden vermochte. Die Vasa deferentia münden in eine mächtige Blase, die Vesicula seminalis (Fig. 52, *vs*), welche im Penis (im weiteren Sinne) eingeschlossen erscheint und durch einen kurzen, mit Ring- und Längsmuskeln ausgestatteten Ductus ejaculatorius *(de)* in das Atrium masculinum *(am)* einmündet. Die Vesicula seminalis ist bald mit Sperma prall erfüllt, das meist noch in Bündeln gruppiert liegt, bald enthält es nur lockere Ballen von Samenfäden. Sie ist von einem flachen Epithel mit spärlichen, runden Kernen ausgekleidet und mit einer Ringmuskulatur umgeben (Fig. 53). Ihr angelagert finden sich einige Drüsen, welche in den erwähnten Ductus zu münden scheinen. Durch die Kontraktionen der Muskeln dieser Samentasche wird das Sperma in den Ductus ejaculatorius gepreßt. Die Ringfalte, welche das Atrium masculinum vom Atrium commune scheidet, ist nicht bei allen Individuen leicht erkennbar, manchmal aber sehr deutlich ausgeprägt (Fig. 52 und Textfigur 4). Das Atrium masculinum stellt nur einen besonderen Abschnitt des Atrium commune dar. Das Sperma habe ich am lebenden Tiere nicht untersucht, an Schnitten durch konserviertes Material stellt es sich in Form langer Fäden dar, deren eines Ende verdickt ist und sich mit Kernfarbstoffen lebhafter färbt als die restlichen Teile; dieses Ende enthält also den Zellkern.

Der Keimstock ist histologisch ganz so gebaut, wie Böhmig (1, p. 32 ff.) es von *Graffilla* beschrieben hat. Er liegt mit seiner Achse annähernd parallel zur Längsachse des Tieres, nur sein blindes Ende erscheint meist etwas nach der Ventralseite zu gekrümmt. In seinem vorderen Anfangsteile kann man zahlreiche Kerne angehäuft sehen, die in eine noch gemeinsame Plasmamasse eingebettet sind. Mit dem Wachstum

Digitized by Google

der Keimzellen aber ordnen sich stets deren mehrere zusammen und bilden eine »Keimscheibe«, wie Böhmig es genannt hat; diese Keimscheiben sind im hintersten Teile des Keimstockes geldrollenartig aneinandergereiht, wie dies auch schon am lebenden Tiere zu beobachten ist (Fig. 43). Die fertige Keimzelle mißt, wenn sie aus dem Keimstock austritt, etwa 0·017 *mm* in der Längsachse und 0·012 *mm* in der Querachse; sie enthält einen großen, hellen Kern mit einem ansehnlichen, dunkel färbbaren Kernkörperchen.

Die Dotterstöcke mit ihren reichen Verzweigungen, welche hauptsächlich in der hinteren Körperhälfte gelegen sind, geben der Gattung *Paravortex* in einer gewissen mittleren Altersstufe ein typisches Aussehen (Fig. 43). Die Dotterstöcke sind vom Anbeginn ihrer Entwicklung in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Keimstock (vergl. Textfigur 5) und sind histologisch aus Zellen mit deutlichen Kernen aufgebaut; im Verlaufe seiner Entwicklung wächst dieses Organ nicht unbedeutend unter Bildung von Nebenästen und im Plasma seiner Zellen lagern sich zahlreiche Dotterschollen ab, wodurch das Organ bei schwächerer Vergrößerung ein gewisses gekörntes Aussehen erhält.

Auch Keim- und Dotterstöcke sind von Mesenchymmembranen umschlossen, berühren einander unmittelbar. An ihrer Vereinigungsstelle entspringt ein horizontal verlaufender, nur sehr kurzer gemeinsamer Gang, der Keimdottergang oder Ductus communis (Fig. 43, *dc*); er besteht aus einem Plattenepithel mit flachen Kernen, entbehrt einer eigenen Muskularis und ist oftmals mit Dotterschollen erfüllt. Die in der Medianlinie gelegene Vereinigungsstelle des linken und rechten Keimdotterganges ist blasig erweitert, fungiert als receptaculum seminis (*rs*) und enthält daher fast stets Spermamassen. Von hier aus entspringt das Atrium femininum (*af*), welches ein Pflasterepithel ohne Zellgrenzen mit rundlichen Kernen, eine schwache Ringmuskulatur und eine ansehnliche Längsmuskulatur besitzt. An der Einmündungsstelle dieses Atrium femininum in das Atrium commune mündet auch ein Büschel einzelliger Drüsen (Fig. 52, *dr*) von körnigem Aussehen und mit in der Tiefe des Zelleibes gelegenen Kernen.

Digitized by Google

Das Atrium commune (Fig. 52 und 43, *ac*), und das Atrium masculinum (*am*) zeigen ein ziemlich hohes Epithel mit rundlichen Kernen, aber ohne deutliche Zellgrenzen; einzelne Zellen desselben springen oftmals gegen das Lumen papillenartig vor. Die Muskularis dieses Atriums ist eine direkte Fortsetzung der Hautmuskulatur, wie ja auch das Atrium selbst als eine Einstülpung des Hautepithels zu deuten ist.

Schließlich sei noch erwähnt, daß von dem Atrium genitale zum Penis wie auch vom letzteren zur Haut einzelne in das Mesenchymgewebe eingebettete Muskeln verlaufen, welche als Bewegungsapparat des männlichen Begattungsorganes dienen; eine weite Vorstülpung des Penis ist allerdings in Anbetracht der geringen Größe dieses Organes nicht möglich. Der Genitalporus liegt etwas vor der Mitte des Körpers und ist durch einen Sphinktermuskel verschließbar. Diese Lage der Geschlechtsöffnung bildet mit der Verzweigung der Dotterstöcke die Grundlage für meine Aufstellung des neuen Genus *Paravortex*.

Der weibliche Geschlechtsapparat entbehrt eines selbständigen Uterus, in dem sich die Eier nach ihrer Befruchtung entwickeln könnten. Die Entwicklung der Embryonen vollzieht sich in eigentümlichen Kammern, welche im Mesenchym sich bilden. Auf welche Weise dieselben entstehen, habe ich direkt nicht beobachtet. Ich vermute, daß die mit Dottermaterial ausgestatteten Keimzellen nicht in den als Atrium femininum bezeichneten Teil des Geschlechtsapparates eintreten, daß letzterer also nur einen das Sperma zuführenden Kanal darstelle. An welcher Stelle der Übertritt der Eier in das Mesenchymgewebe erfolgt, kann erschlossen werden, wenn man in Betracht zieht, daß dieser Austritt nur an einer einzigen Stelle möglich wäre, ohne daß eine Zerreißung des Epithels der Genitalausführungsgänge notwendigerweise einträte, nämlich an der Vereinigungsstelle von Keimstock und Dotterstock. Wie erwähnt, fehlt ein Ovidukt; die Verbindung des Endes der weiblichen Geschlechtsdrüsen mit dem Ductus communis wird nur durch Membranen des Mesenchyms hergestellt, welche beide Teile überziehen. An dieser Stelle könnte also das Ei auch am leichtesten in das Bindegewebe

Digitized by Google

eingeschoben werden. Eine Eischale wird nicht gebildet, ein Epithel ist in den Embryonalkammern nicht vorhanden, die letzteren sind einzig und allein aus mesenchymatösen Elementen, aus Gerüstplasma, aufgebaut; die Embryonen liegen nackt in denselben.

Der Austritt der reifen Jungen kann jedenfalls nur durch eine Ruptur der Leibeswand stattfinden, da bei der allmählichen Entwicklung zahlreicher Embryonen auch die entferntesten Körperteile mit Embryonalkammern erfüllt werden. Daß diese Entleerung aller Embryonen gleichzeitig unter tödlichem Ende des Muttertieres stattfindet, ist an sich wahrscheinlich, doch spricht der Umstand dagegen, daß die Eier nicht alle gleichzeitig befruchtet und zur Geburt reif werden; wir finden in älteren Individuen nebeneinander Embryonen in den verschiedensten Altersstufen. Direkte Beobachtungen über diesen Punkt habe ich nicht gemacht. Es liegen bei dieser Gattung ähnliche Verhältnisse vor wie bei *Vortex viridis* M. Sch. und bei *V. scoparius* O. Sch. (vergl. 7, p. 354.), bei denen ebenfalls ein Uterus fehlt und die Eier zu großer Zahl sich in Kammern des Mesenchyms entwickeln.

Literaturverzeichnis.

1. Böhmig L., Untersuchungen über die rhabdocölen Turbellarien, I. Das Genus *Graffilla* V. Jhering. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 43. Bd., p. 290 bis 328, Taf. 11 und 12. Leipzig 1886.
2. Böhmig L., Untersuchungen über die rhabdocölen Turbellarien, II. *Plagiostomina* und *Cylindrostomina* Graff. Ebenda, 51. Bd., p. 167 bis 479, Taf. 12 bis 21. Leipzig 1890.
3. Busquet P., Les êtres vivants: Organisation—Evolution. (p. 135, Fig. 118), Paris 1899.
4. Czerniavski V., Materalia ad zoographiam ponticam comp. Bull. soc. Imp. Moscou, 55. Vol. II. Moskau 1880 (1881).
5. Dörler A., Neue und wenig bekannte rhabdocöle Turbellarien. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 68 Bd. p. 1 bis 42, Taf. 1 bis 3. Leipzig 1900.

Digitized by Google

6. Fuhrmann O. Die Turbellarien der Umgebung von Basel. Revue suisse de Zoologie, 2. Vol., p. 215 bis 290, Taf. 10, 11. Genf 1894.
7. Graff, L. v. Monographie der Turbellarien, I. *Rhabdocoelida*. Leipzig 1882.
8. Graff, L. v. Die Turbellarien als Parasiten und Wirte. Festschrift der k. k. Karl-Franzensuniversität in Graz. für das Jahr 1902. Graz 1903.
9. Graff, L. v. Marine Turbellarien Orotavas und der Küsten Europas, II. *Rhabdocoela*. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 83. Bd., p. 68 bis 150, Taf. 2 bis 6. Leipzig 1905.
10. Jhering, v. *Graffilla muricicola*, eine parasitische Rhabdocoele. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 34. Bd., p. 147 bis 174, Taf. 7. Leipzig 1880.
11. Kunstler L. Sur de nouveaux vers remarquables. Comptes rendus Acad. des sciences, 106. T., p. 553 bis 554. Paris 1888.
12. Lang A. Notiz über einen neuen Parasiten der Tethys aus der Abteilung der rhabdocölen Turbellarien. Mitteilungen der Zoologischen Station in Neapel, 2. Bd., p. 107 bis 112, Taf. 7. Leipzig 1880.
13. Leuckart R. Bericht über die Leistungen in der Naturgeschichte der niederen Tiere während der Jahre 1866 bis 1867. Archiv für Naturgeschichte. 33. Jahrg. 2. Bd., p. 292. Berlin 1867 (1868).
14. Leuckart R. Bericht über die Leistungen in der Naturgeschichte der niederen Tiere während der Jahre 1876 bis 1879. Ebenda, 44. Jahrg., 2. Bd., p. 661 bis 662. Berlin 1878 (1882).
15. Luther A. Die Eumesostominen. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 77. Bd., p. 1 bis 273, Taf. 1 bis 9. Leipzig 1904.
16. Monticelli F. S. Notizia preliminare intorno ad alcuni inquilini degli Holothurioidea del Golfo di Napoli. Monitore zoologico italiano, Anno 3, p. 248 bis 255. Florenz 1892.

Digitized by Google

17. Schmidt F. *Graffilla* Brauni n. sp. Archiv für Naturgeschichte, 52. Jahrg., 1. Bd., p. 304 bis 318. Taf. 15, 16. Berlin 1886.
18. Schmidt O. Untersuchungen über die Turbellarien von Corfu und Cephalonia nebst Beiträgen zu früheren Arbeiten. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 11. Bd., p. 1 bis 32, Taf. 1 bis 4. Leipzig 1861.
19. Schneider A. Über einige Parasiten der *Holothuria tubulosa*. I. *Anoplodium parasita*. Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie, Jahrg. 1858, p. 324 bis 329, Taf. 12. Berlin 1858.
20. Schneider A. Einige Bemerkungen zu O. Schmidt's Untersuchungen über die Turbellarien von Corfu und Cephalonia. Ebenda, Jahrg. 1861, p. 783 bis 784. Berlin 1861.
21. Vaillant L. Histoire naturelle des Annelés marins et d'eau douce. T. 3. 1. partie, p. 663. Paris 1889.
22. Villot A. Organisation et développement de quelques espèces de Trematodes endoparasites marins. Annales des sciences naturelles, Zoologie, 6. Serie, T. 8., 2. Art. Die bezügliche Stelle befindet sich auf p. 31, 32. Paris 1879.

Digitized by Google

Erklärung der Buchstaben auf den Tafeln und den Textfiguren.

A Auge.
ac Atrium commune.
af Atrium femininum.
alm Äußere Längsmuskeln.
ag Atrium genitale.
am Atrium masculinum.
apt Äußeres Pharyngealtaschenepithel.
arm Äußere Ringmuskeln.
b Basalkörper.
bk Bindegewebskerne.
bkp Bindegewebskerne im Pharynx.
bm Basalmembran.
bms Binnenmesenchym.
bs Bursa seminalis.
C Gehirn.
ci Zilien.
D Dotterstock.
da Darm.
dc Ductus communis.
de Ductus ejaculatorius.
Dg Dottergang.
dm Diagonalmuskeln.
dr Akzessorische Drüsen.
dz Darmzellen.
E Epithel und dessen Zellen.
Ek Embryonalkammern.
Em Embryonen.
F Frontaldrüsen.
G Geschlechtsporus.
ilm Innere Längsmuskeln.
ipt Inneres Pharyngealtaschenepithel oder äußeres Pharyngealepithel.
irm Innere Ringmuskeln.
K Keimstock.
ke Kern.
kr Kropf.
lm Längsmuskeln.
M Mundöffnung.
Mr Mundrand.
ms Mesenchym.
O Keimzelle.
Oe Ösophagus.
oe' Zellen, welche entweder noch dem Kropfe oder schon einem Ösophagus angehören (?).
ov Ovidukt.
P Penis.
pe Pharyngealepithel.
pek Pharyngealepithelkern.
Ph Pharynx.
pms peripheres Mesenchym.
Ps Penisspitze.
pt Pharyngealtasche.
ram Radialmuskeln.
ret Musculus retractor.
rm Ringmuskeln.
rs Receptaculum seminis.
sd Schalendrüsen.
sda Schalendrüsen - Ausführungsgänge.
sds Sekret der Schalendrüsen.
Sp Sperma.
spd Speicheldrüsen.
T Hoden.
Ut Uterus.
V Vagina.
va Vakuolen.
vd Vas deferens.
vs Vesicula seminalis.
Z Vereinigungsstelle der beiden Keimdottergänge (Ductus communes).

Digitized by Google

Tafelerklärung.

Sämtliche Figuren sind mit einem Abbé'schen Zeichenapparat gezeichnet.

Tafel I.

Die Figuren dieser Tafel sind alle nach lebenden Tieren gezeichnet.

Fig. 1. *Paravortex scrobicullariae* (Graff), Triester Exemplar, gequetscht; 60fache Vergrößerung.

Fig. 2. *Paravortex scrobicullariae* (Graff), Triester Exemplar, juvenis, gequetscht; 45fache Vergrößerung.

Fig. 3. *Paravortex scrobicullariae* (Graff), Neapler Exemplar, ungequetscht, 10fache Vergrößerung.

Fig. 4. *Graffilla parasitica* (Czern.), ungequetscht; natürliche Größe.

Fig. 5. *Anoplodium parasita* Ant. Schn., Triester Exemplar, schwach gequetscht; 30fache Vergrößerung.

Fig. 6. *Anoplodium parasita* Ant. Schn., Triester Exemplar, Eikapsel; 100fache Vergrößerung.

Fig. 7. *Anoplodium gracile* Wahl, Neapler Exemplar, gequetscht; 85fache Vergrößerung.

Fig. 8. *Anoplodium gracile* Wahl, Neapler Exemplar, Eikapsel; 100fache Vergrößerung.

Fig. 9. *Umagilla forskalensis* Wahl, Neapler Exemplar, gequetscht; 85fache Vergrößerung.

Fig. 10. *Collastoma minuta* Wahl, gequetscht; 120fache Vergrößerung.

Fig. 11. *Collastoma minuta* Wahl, Eikapsel; 500fache Vergrößerung.

Tafel II.

Anoplodium parasita (Ant. Schneider).

Fig. 12. Bewegungszustände lebender Individuen; 30 bis 35fache Vergrößerung.

Fig. 13. Schnitt durch das Epithel und den Hautmuskelschlauch aus einer Längsschnittserie (Ventralseite); 800fache Vergrößerung.

Fig. 14. (Var. *pusillum*.) Hautmuskelschlauch, flächenhaft angeschnitten; 700fache Vergrößerung.

Fig. 15. Eine einzelne Muskelfaser durch Mazeration isoliert; Vergrößert.

Fig. 16. Schnitt durch das Mesenchymgewebe und die weiblichen Geschlechtsdrüsen, aus einer Querschnittserie; 300fache Vergrößerung.

Digitized by Google

Fig. 17. Schnitt durch den Pharynx und die Pharyngealtasche aus einer Querschnittserie; 500fache Vergrößerung.
Fig. 18. Schnitt durch den Pharynx; 1000fache Vergrößerung.
Fig. 19. Schnitt durch die Darmzellen, aus einer Längsschnittserie; 600fache Vergrößerung.
Fig. 20. Schnitt durch die Geschlechtsausführungsgänge aus einer Längsschnittserie (die in dem betreffenden Schnitte nicht getroffene Verbindung des Ductus communis und des Dotterganges mit der Bursa seminalis ist durch punktierte Linien angezeigt); 230fache Vergrößerung.
Fig. 21. Schnitt durch das Atrium genitale und die Geschlechtsöffnung; 300fache Vergrößerung.
Fig. 22. Schnitt durch die Bursa seminalis; 450fache Vergrößerung.
Fig. 23. (Var. *pusilum*.) Eikapsel; 100fache Vergrößerung.
Fig. 24. Ausgestülpter Penis eines lebenden Individuums; 150fache Vergrößerung.
Fig. 25. Schnitt durch den Penis; 400fache Vergrößerung.
Fig. 26. Ringmuskeln des Penis, flächenhaft angeschnitten; 500fache Vergrößerung.
Fig. 27. Schnitt durch den Dotterstock eines schon älteren Individuums; 600fache Vergrößerung.

Tafel III.

Fig. 28 bis 41. *Anoplodium gracile* nov. spec.

Fig. 28. Bewegungszustände lebender Individuen; 80fache Vergrößerung.
Fig. 29. Schnitt durch das Epithel und den Hautmuskelschlauch aus einer Längsschnittserie; 1000fache Vergrößerung.
Fig. 30. Hautmuskelschlauch, flächenhaft angeschnitten; 700fache Vergrößerung.
Fig. 31. Schnitt etwas schräg durch den Pharynx und den Pharyngealkropf geführt; 800fache Vergrößerung.
Fig. 32. Schnitt durch das Darmepithel; 800fache Vergrößerung.
Fig. 33 bis 38. Auswahl von Schnitten durch die Geschlechtsausführungsgänge, aus einer Querschnittserie; 450fache Vergrößerung.
Fig. 33. Region der Bursa seminalis.
Fig. 34. Region hinter der Bursa seminalis.
Fig. 35. Region der Schalendrüsen.
Fig. 36. Region der Penisspitze.
Fig. 37. Region des Atrium masculinum.
Fig. 38. Region des Atrium commune.
Fig. 39. Längsschnitt durch den Penis; 700fache Vergrößerung.
Fig. 40. Durchschnitt durch den Ovidukt und eine in demselben gelegene Keimzelle; 830fache Vergrößerung.
Fig. 41. Schnitt durch den Anfangsteil eines Dotterganges; 600fache Vergrößerung.

Fig. 42. *Graffilla parasitica* (Czern.).

Schnitt durch den Pharynx und Ösophagus, seitlich und etwas schräg geführt; 400fache Vergrößerung.

Digitized by Google

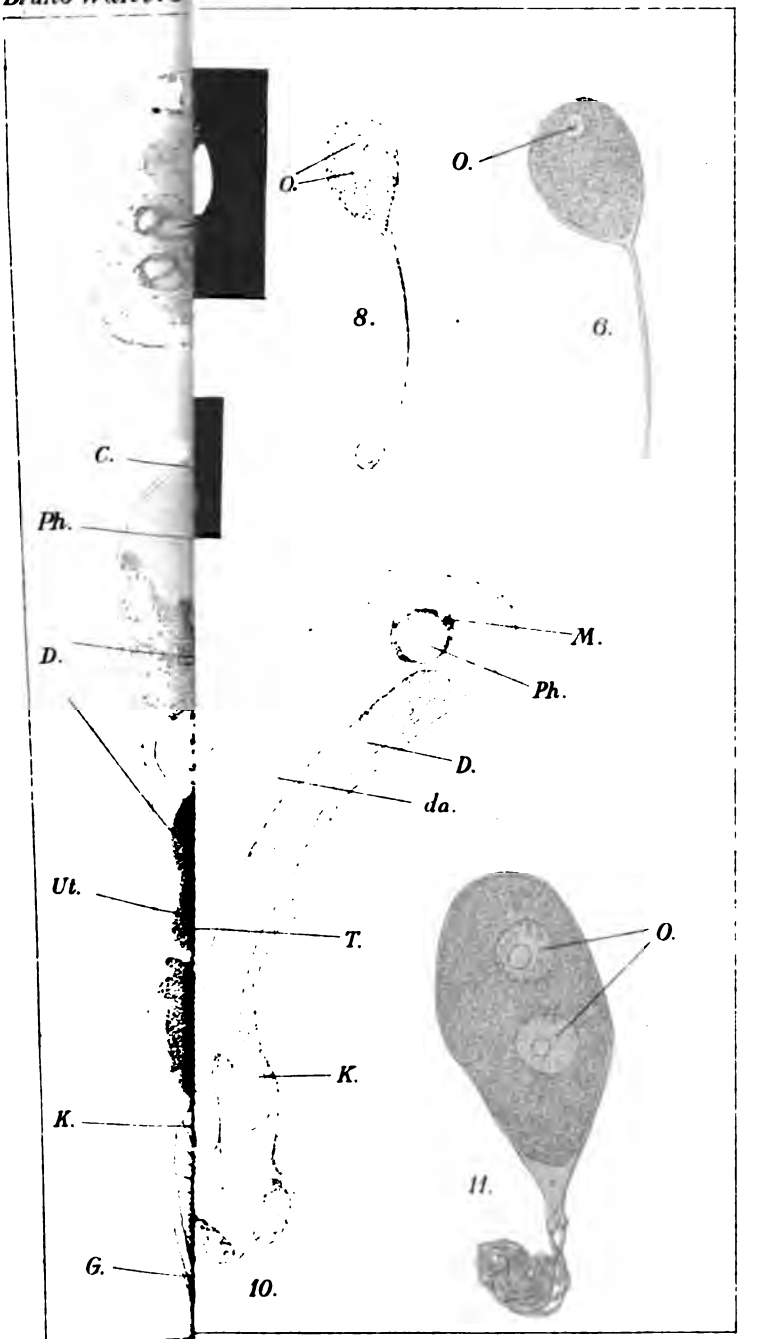
Tafel IV.

Paravortex scrobiculariae (Graff).

Fig. 43. Triester Exemplar, gequetscht, lebend; 125fache Vergrößerung.
Fig. 44. Epithel, flächenhaft angeschnitten; 350fache Vergrößerung.
Fig. 45. Epithel aus einer Längsschnittserie; 680fache Vergrößerung.
Fig. 46. Hautmuskulatur, flächenhaft angeschnitten; 1000fache Vergrößerung.
Fig. 47. Querschnitt durch die Region des Gehirnes und des Pharynx; 300fache Vergrößerung.
Fig. 48. Schnitt durch ein Auge (aus einer Querschnittserie); 700fache Vergrößerung.
Fig. 49. Längsschnitt durch Mund und Pharynx; 1000fache Vergrößerung.
Fig. 50. Schnitt durch die Pharyngealtasche (aus einer Querschnittserie); 650fache Vergrößerung.
Fig. 51. Querschnitt durch das Pharyngealepithel im Bereiche des Pharynx; 1000fache Vergrößerung.
Fig. 52. Schnitt durch die weiblichen Geschlechtsausführungsgänge (aus zwei Schnitten einer Längsschnittserie kombiniert); 800fache Vergrößerung.
Fig. 53. Schnitt durch die Vesicula seminalis; 800fache Vergrößerung.
Fig. 54. Eine Embryonalkammer mit zwei Embryonen (nach dem lebenden Tiere gezeichnet); 160fache Vergrößerung.

Digitized by Google

Digitized by Google



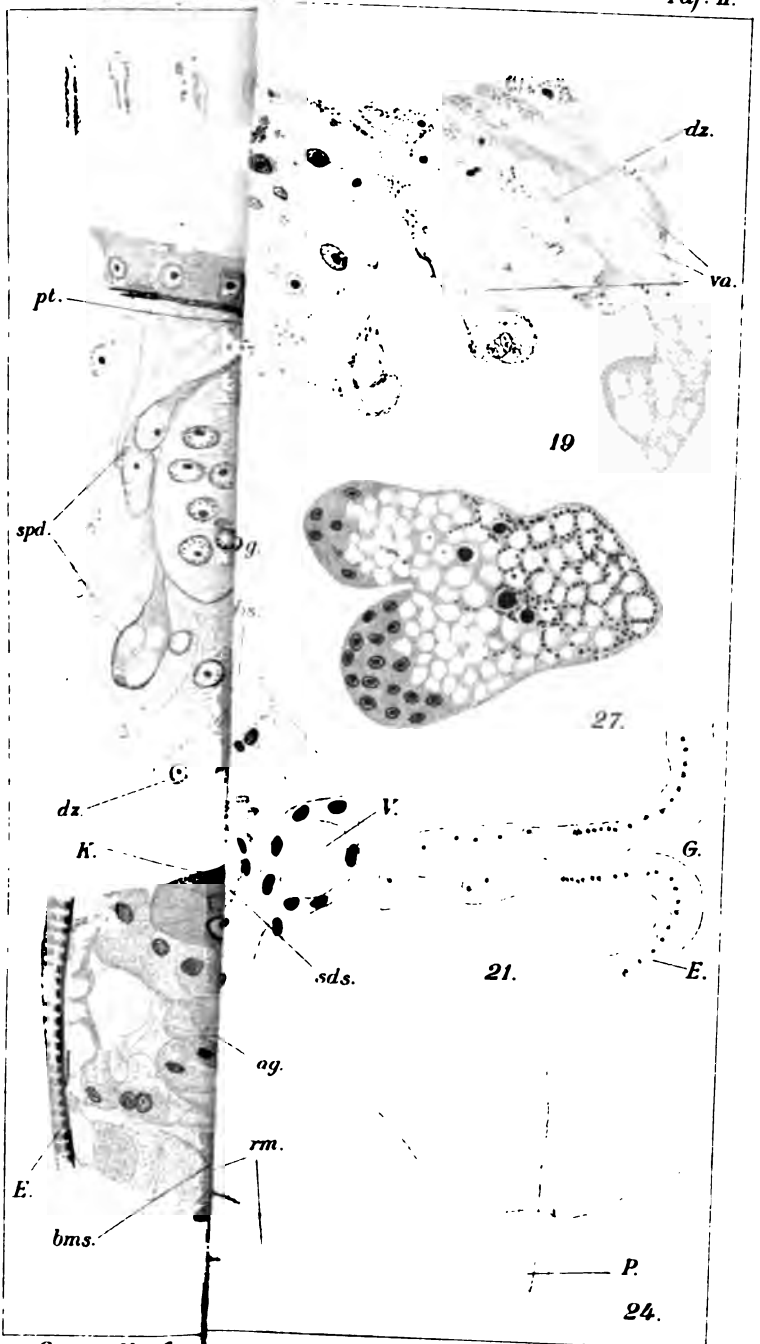
Gez. v. Ver

Lith. Kunstanstalt v Friedr. Sperl, Wien, III/1

V. Abt. I. 1906.

Digitized by Google

Digitized by Google

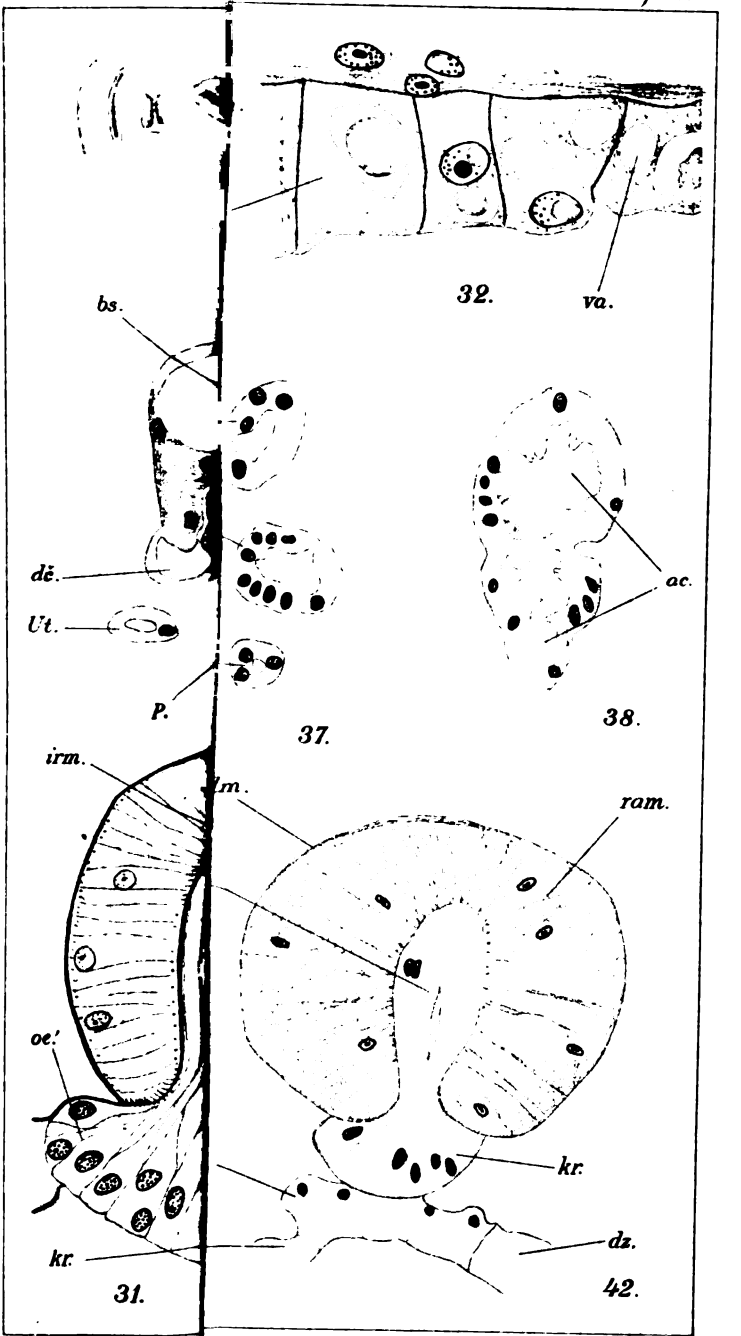


Gez. v. Verf. Lith. Kunstanstalt v Friedr Sperl, Wien, III/1

ot.I.1906.

Digitized by Google

Digitized by Google

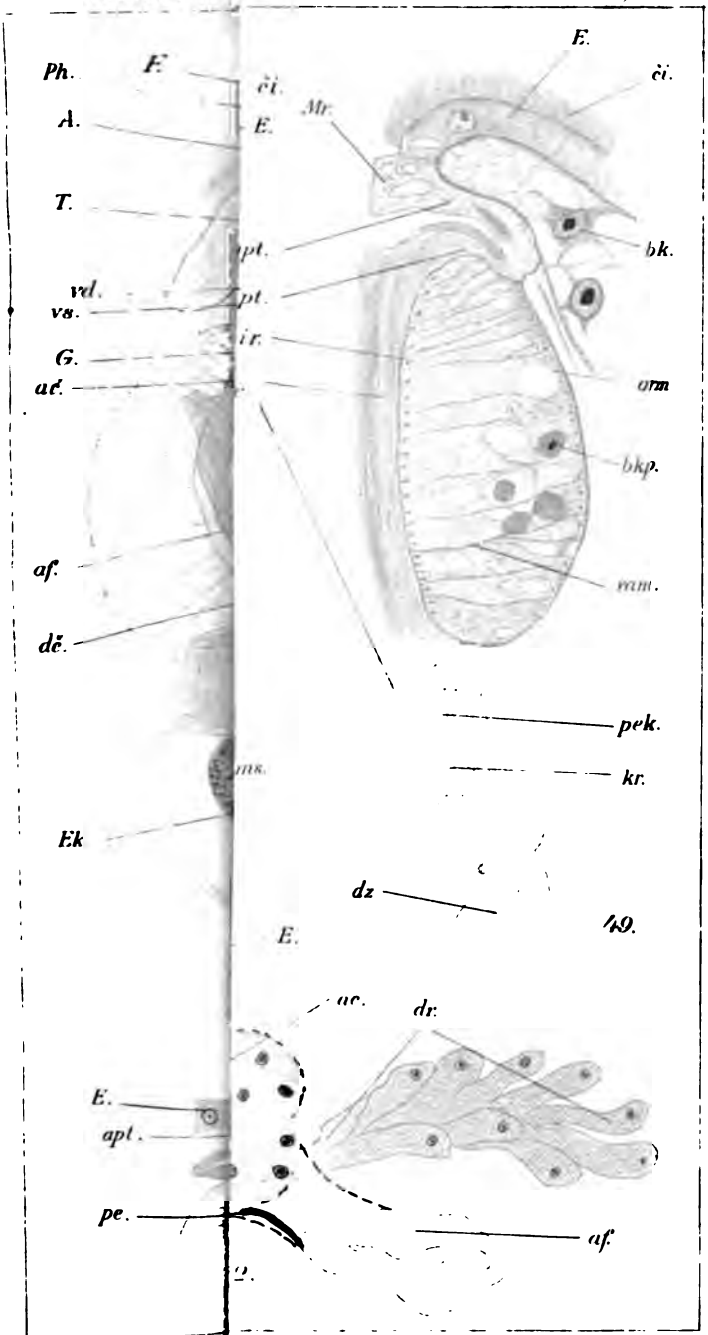


Gez. v. Verf. Lith. Kunstanstalt v Friedr. Sperl, Wien, III/1.

t.I.1906.

Digitized by Google

Digitized by Google



Gez. v. Verf.

Lith. Kunstanstalt v. Friedr. Sperl, Wien, III/1

I. 1906.

Digitized by Google

Digitized by Google

Richter O., Über den Einfluß verunreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 265—352.

Heliotropismus und Geotropismus, Einfluß verunreinigter Luft auf —.
Richter O., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 265—352.

Geotropismus und Heliotropismus, Einfluß verunreinigter Luft auf —.
Richter O., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 265—352.

Luft, Einfluß verunreinigter — auf Heliotropismus und Geotropismus.
Richter O., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 265—352.

Verunreinigte Luft, Einfluß auf Heliotropismus und Geotropismus.
Richter O., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 265—352.

Tomann G., Vergleichende Untersuchungen über die Beschaffenheit des Fruchtschleimes von *Viscum album* L. und *Loranthus europaeus* L. und dessen biologische Bedeutung.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 353—365.

Loranthaceen, Vergleichende Untersuchungen über die Beschaffenheit des Fruchtschleimes von *Viscum album* und *Loranthus europaeus* und dessen biologische Bedeutung.
Tomann G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 353—365.

Fruchtschleim, dessen Beschaffenheit bei *Viscum album* und *Loranthus europaeus* und dessen biologische Bedeutung.
Tomann G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 353—365.

Digitized by Google

Digitized by Google

Viscum album, Vergleichende Untersuchungen über die Beschaffenheit des Fruchtschleimes von *Viscum album* und *Loranthus europaeus* und dessen biologische Bedeutung.
Tomann G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 353—365.

Brezina P., Beiträge zur Anatomie des Holzes der Kompositen.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 367—385.

Kompositen, Beiträge zur Anatomie des Holzes derselben.
Brezina P., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 367—385.

Holzanatomie der Kompositen, Beiträge zu derselben.
Brezina P., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 367—385.

Wiesner J., Beobachtungen über den Lichtgenuß und über einige andere physiologische Verhältnisse blühender *Geranium*-Arten.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 387—416.

Lichtgenuß, Über denselben und über einige andere physiologische Verhältnisse blühender *Geranium*-Arten.
Wiesner J., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 387—416.

Geranium-Arten, Über den Lichtgenuß und über einige andere physiologische Verhältnisse derselben.
Wiesner J., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 387—416.

Wahl B., Untersuchungen über den Bau der parasitischen Turbellarien aus der Familie der Dalyelliiden (Vorticiden). I. Teil: Die Genera *Anoplodium*, *Graffilla* und *Paravortex*.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 417—473.

Digitized by Google

Viscum album, Vergleichende Untersuchungen über die Beschaffenheit des Fruchtschleimes von *Viscum album* und *Loranthus europaeus* und dessen biologische Bedeutung.
Tomann G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 393—395.

Brezina P., Beiträge zur Anatomie des Holzes der Kompositen.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 397—423.

Kompositen, Beiträge zur Anatomie des Holzes derselben
Brezina P., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 397—423.

Holzanatomie der Kompositen, Beiträge zu derselben
Brezina P., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 397—423.

Wiesner J., Beobachtungen über den Lichtgenuß und über einige andere physiologische Verhältnisse blühender Geranium-Arten.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 387—416.

Lichtgenuß, Über denselben und über einige andere physiologische Verhältnisse blühender Geranium-Arten.
Wiesner J., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 387—416.

Geranium-Arten, Über den Lichtgenuß und über einige andere physiologische Verhältnisse derselben.
Wiesner J., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I Abt., Bd. 115 (1906), p. 387—416.

Wahl B., Untersuchungen über den Bau der parasitischen Turbellarien aus der Familie der Dalyelliiden (*Vorticiden*). I. Teil: Die Genera *Anoplodium*, *Graffilla* und *Parmorhynchus*.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 417—473.

Digitized by Google

Parasitische Turbellarien aus der Familie der Dalyelliiden (Vorticiden). Untersuchungen über den Bau derselben. I. Teil: Die Genera *Anoplodium, Graffilla* und *Paravortex*.

Wahl B., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 417—473.

Dalyelliiden (Vorticiden). Untersuchungen über den Bau der parasitischen Turbellarien aus dieser Familie. I. Teil: Die Genera *Anoplodium, Graffilla* und *Paravortex*.

Wahl B., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 417—473.

Turbellarien. Untersuchungen über den Bau der parasitischen Dalyelliiden (Vorticiden). I. Teil: Die Genera *Anoplodium, Graffilla* und *Paravortex*.

Wahl B., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 417—473.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse erscheinen vom Jahre 1888 (Band XCVII) an in folgenden vier gesonderten **Abteilungen**, welche auch einzeln bezogen werden können:

Abteilung I. Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Kristallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physischen Geographie und Reisen.

Abteilung II a. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Astronomie, Physik, Meteorologie und Mechanik.

Abteilung II b. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Chemie.

Abteilung III. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie des Menschen und der Tiere sowie aus jenem der theoretischen Medizin.

Von jenen in den Sitzungsberichten enthaltenen Abhandlungen, zu deren Titel im Inhaltsverzeichnisse ein Preis beigesetzt ist, kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und können durch die akademische Buchhandlung Alfred Hölder, k. u. k. Hof- und Universitätsbuchhändler (Wien, I., Rothenthurmstraße 13), zu dem angegebenen Preise bezogen werden.

Die dem Gebiete der Chemie und verwandter Teile anderer Wissenschaften angehörigen Abhandlungen werden auch in besonderen Heften unter dem Titel: »Monatshefte für Chemie und verwandte Teile anderer Wissenschaften« herausgegeben. Der Pränumerationspreis für einen Jahrgang dieser Monatshefte beträgt 14 K — 14 M.

Der akademische Anzeiger, welcher nur Originalauszüge oder, wo diese fehlen, die Titel der vorgelegten Abhandlungen enthält, wird, wie bisher, acht Tage nach jeder Sitzung ausgegeben. Der Preis des Jahrganges ist 5 K — 5 M.

Digitized by Google

Digitized by Google

I. Soc 386.4

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

HARVARD COLLEGE LIBRARY
OCT 2 1906
CAMBRIDGE, MASS.

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXV. BAND. IV. HEFT.

JAHRGANG 1906. — APRIL.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

(MIT 3 TAFELN.)

WIEN, 1906.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN KOMMISSION BEI ALFRED HÖLDER,

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER.

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

Digitized by Google

INHALT

des 4. Heftes, April 1906 des CXV. Bandes, Abteilung I der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse.

Seite

Nestler A., Myelin und Eiweißkristalle in der Frucht von *Capsicum annuum* L. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 70 h — 70 pf] 477

Rebel H., Ergebnisse einer zoologischen Forschungsreise von Dr. Franz Werner nach Ägypten und dem ägyptischen Sudan. III. *Auchmophila Kordofensis*, eine neue Psychidengattung und Art, nebst Verzeichnis der übrigen gesammelten Lepidopteren. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 55 h — 55 pf] 493

Zahlbruckner A., Beitrag zur Flechtenflora Kretas. [Preis: 70 h — 70 pf] 503

Grund A., Die Probleme der Geomorphologie am Rande von Trockengebieten. [Preis: 80 h — 80 pf] 525

Pauksch J., Das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe. [Preis: 70 h — 70 pf] 553

Haberlandt G., Über den Geotropismus von *Caulerpa prolifera*. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 75 h — 75 pf] 577

Preis des ganzen Heftes: 2 K 90 h — 2 M 90 pf.

Digitized by Google

HARVARD COLLEGE LIBRARY
OCT 2 1906
CAMBRIDGE, MASS.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXV. BAND. IV. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Digitized by Google

Digitized by Google

Myelin und Eiweißkristalle in der Frucht von *Capsicum annuum* L.

von

A. Nestler.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität Prag.
Nr. 85 der 2. Folge.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. März 1906.)

I. Myelin.

Betrachtet man die gelbbraunen oder braunen Flächen der bekanntlich im oberen Teile unvollkommen ausgebildeten Scheidewände trockener Früchte von *Capsicum annuum* L.[1] mit der Lupe, so sieht man vereinzelt, mitunter in größerer Menge braune, feuchtglänzende Stellen von verschiedener Größe, auf welche zuerst Molisch[2] hingewiesen hat: »Die Epidermis der Scheidewände von *C. annuum* repräsentiert stellenweise eine Art Drüsengewebe, welchem die Abscheidung des Capsaïcins vornehmlich zukommt; zwischen Cuticula und den Epidermiszellen (= Drüsenzellen) sind Hohlräume, welche mit einem flüssigen Exkret erfüllt sind; dieses Exkret ist ein mit Kali leicht verseifbares Fett, welches intensiv scharf schmeckt und das Capsaïcin zweifellos in großen Mengen gelöst enthält.« Dadurch wurde die von A. Meyer[3] nachgewiesene

[1] Zu allen im folgenden angeführten Versuchen wurden reife, trockene Früchte aus den Jahren 1898 und 1905 verwendet.

[2] H. Molisch, Grundriß einer Histochemie der pflanzlichen Genußmittel, 1891, p. 54.

[3] A. Meyer, Der Sitz der scharf schmeckenden Substanz im spanischen Pfeffer, Pharm. Ztg., 1889, Nr. 16, p. 130.

Digitized by Google

Tatsache, daß der Sitz des Capsaïcins sich auf die Scheidewände beschränkt, bestätigt und näher erklärt.

Außer diesen feuchtglänzenden Drüsenflecken sieht man namentlich bei älteren Früchten, jedoch stets nur vereinzelt, kleine, weiße, wie Effloreszenzen erscheinende Fleckchen, die aus gut ausgebildeten, mitunter in einem Öltropfen liegenden Kristallen (Fig. 2, *a*), Kristallaggregaten und kristallinischen Stücken bestehen. Bringt man eine Spur dieser Substanz zunächst zur näheren mikroskopischen Prüfung auf einen Objektträger und von da auf die Zunge, so fühlt man sofort ein intensives Brennen, ein genügender Beweis, daß sie Capsaïcin enthält. Denn die physiologische Wirkung des Capsaïcins, die selbst die kleinsten, mit dem Auge nicht mehr wahrnehmbaren Teilchen derselben auszuüben vermögen, ist das einfachste und sicherste Reagens.[1]

Die Substanz jener feuchtglänzenden Drüsenfleckchen, die mitunter erst durch ein sanftes Streichen mit der Präpariernadel über die Fruchtscheidewand sichtbar werden — es wird dadurch die Cuticula entfernt und die Drüse bloßgelegt —, zeigt folgende Eigenschaften:

Berührt man sie mit dem Finger oder mit der Nadel, so bleibt ein Teil derselben haften; sie ist jedoch nicht klebrig. Unter dem Mikroskope erscheint sie als eine ölartige homogene Masse; mitunter ist sie durchsetzt von zahlreichen nadelförmigen und kurzen prismatischen Kristallen oder langen, stabförmigen Prismen, die von einem Punkte strahlig ausgehen oder wirr durcheinander liegen; seltener sah ich in der Ölmasse nur zahlreiche feine Nadeln.

Eine Spur dieses Sekretes, auf die Zunge gebracht, erzeugt ein heftiges Brennen. Es gelingt sehr leicht, eine Spur dieser Sekretmasse zu folgendem Versuch auf einen Objektträger zu übertragen: sie wird mit einem Deckgläschen bedeckt und unter dem Mikroskope (anfangs bei etwa 200facher, später bei

[1] K. Micko (»Zur Kenntnis des Capsaïcins«, Zeitschr. f. Unters. der Nahr.- und Genußm., 1898, p. 825), der auf Grund seiner chemischen Untersuchungen dem Capsaïcin die Formel $C_{18}H_{28}NO_3$ zuschreibt, gibt an, daß schon ein Tropfen einer alkalisch-wässerigen Lösung, welche 0·01 *g* Capsaïcin in einem Liter enthält, auf der Zunge ein starkes, anhaltendes Brennen erzeugt.

Digitized by Google

schwächerer Vergrößerung) beobachtet, während man gleichzeitig einen Tropfen Ammoniak (ich verwendete stets eine 10prozentige, aus käuflichem Ammoniak bereitete Lösung) zufließen läßt; es zeigen sich sehr eigentümliche, schöne Bildungen, die, wie ich später näher erklären werde, bei anderen Substanzen in analoger Weise auftreten und als »Myelinformen« bekannt sind (Fig. 1). In der homogenen, farblosen, ölartigen Masse entstehen durch die Einwirkung des Ammoniaks sofort zahlreiche, mikroskopisch kleine Kügelchen; gleichzeitig sieht man am Rande des Öltropfens allmählich die sonderbarsten Gebilde hervortreten, vor allem dichtgedrängt homogene Fäden, die sehr lang werden können; andere, dickere Fäden zeigen genau in der Mitte einen Kanal; wieder andere sind am Ende spiralig eingerollt oder enden mit einer kompakten oder hohlen Kugel; sehr zierlich und regelmäßig gestaltet sind jene Bildungen, die in ihrer Form große Ähnlichkeit mit der Oscillaria *Spirulina Jenneri* haben; sie tragen mitunter an der Basis einen scheinbar kompakten Stiel, während der vordere, gedrehte Teil breit ist und im weiteren Verlaufe der Entwicklung seine regelmäßige Gestalt verliert; außerdem sieht man runde oder ellipsoidische oder unregelmäßig gestaltete Gebilde mit sehr schöner Schichtung. Es ist nicht möglich, die Mannigfaltigkeit dieser Gebilde entsprechend hervorzuheben. Man kann ihre allmähliche Entwicklung nach Zusatz des Ammoniaks eine Stunde und länger verfolgen, wenn man den Objektträger vollständig ruhig liegen läßt. Infolge der durch Verdunsten des Ammoniaks bewirkten Bewegung dieser Flüssigkeit wird allerdings später das Bild verwischt und undeutlich. Bringt man jedoch eine kleine Menge des Sekretes der Fruchtscheidewand mit der Nadel auf einen ausgehöhlten Objektträger, der mit einem Vaselinring versehen ist, fügt zur Sekretmasse einen Tropfen Ammoniak und verschließt die Höhlung mit einem Deckgläschen, so kann man, da nun jede Verdunstung des Ammoniaks ausgeschlossen ist, diese herrlichen Bildungen tagelang verfolgen, vorausgesetzt, daß Mikroskop und Objektträger vollständig ruhig bleiben. Durch Ammoniak (10prozentig), das etwas Safranin, Methylenblau oder einen anderen Anilinfarbstoff enthält, entstehen prachtvoll gefärbte Myelinformen,

Digitized by Google

da diese den Farbstoff gierig aufnehmen. Ich erwähne noch, daß die dickeren Myelinformen bei gekreuzten Nicols hell erscheinen.

Derartige sogenannte »Myelinformen« sind seit langer Zeit durch die Untersuchungen von Virchow und F. W. Beneke bekannt. »Aus der Schnittfläche von Nerven quellen bei Zusatz von Wasser aus dem Nerveninhalt kugelige, eiförmige und unregelmäßig geformte Gebilde hervor, welche nach Virchow als Formen einer besonderen Substanz »Myelin« (= Nervenmark) mit dem Namen Myelinformen bezeichnet wurden. Der Name »Myelin« für eine chemische Substanz ist jedoch längst aufgegeben.«[1] Dieselben schönen Formen wie bei dem Sekret der Fruchtscheidewand von *Capsicum annuum* erhält man, wenn man nach Neubauer[2] zu reiner Ölsäure Ammoniak zufließen läßt. »Es zeigen sich da die wunderbarsten Formen, deren allmähliche Entwicklung unter dem Mikroskope zu den interessantesten Erscheinungen gehört und lange Zeit den Beobachter fesseln kann. Wendet man statt Ölsäure ein an Ölsäure reiches Neutralfett, Olivenöl, Mandelöl etc. an, so entstehen, in gleicher Weise mit Ammon behandelt, dieselben Formen, allein viel langsamer; auch bleiben sie viel kleiner.« Bei Olivenöl und Mandelöl kann man die sehr zarten, sich rasch entwickelnden Myelinformen besser beobachten, wenn man kein Deckgläschen anwendet.

Myelinformen erhält man auch, wenn man nach Beneke[3] Cholesterinkristalle in Seifenwasser oder den Abdampfrückstand vom alkoholischen Extrakt des gekochten Eidotters in reinem Wasser beobachtet. Im letzteren Falle ist es die Wirkung des Wassers auf das Eidotterlecithin, wie überhaupt »alle Lecithine,

---

[1] Realenzyklopädie der Pharmazie, 7. Bd., 1889, p. 203.

[2] R. Virchow, Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie, 36. Bd., 1866, p. 303.

[3] E. Brücke, Über den Zusammenhang zwischen der freiwilligen Emulgierung der Öle und dem Entstehen sogenannter Myelinformen. Diese Sitzungsber., 1879, III. Abt., p. 268.

Beneke, Studien über das Vorkommen, die Verbreitung und die Funktion von Gallenbestandteilen in den tierischen und pflanzlichen Organismen. Gießen, 1862.

Digitized by Google

wenn man sie in lufttrockenem Zustande mit Wasser in Berührung bringt, zu Myelinformen aufquellen«.[1] Nach meiner Beobachtung bringt bei dem alkoholischen Extrakt des Eidotters 10prozentiges Ammoniak dieselbe Wirkung wie reines Wasser hervor.

Wenn man ein Stück der bekanntlich sehr fettreichen Papua-Macis (*Myristica argentea* Warb.) mit dem frischen Querschnitt auf einen Objektträger drückt, so bleibt ein Teil des Fettes haften; nach Zusatz von Ammoniak erhält man dieselben schönen Myelinformen wie bei dem Paprikasekret. Bei der weniger Fett enthaltenden Banda- (*Myristica fragrans* Houtt.) und Bombay-Macis (*M. malabarica* Lam.) muß man den Abdampfrückstand des alkoholischen Extraktes benützen; im letzteren Falle sind die Myelinbildungen auffallend gering.[2] Das Fett von *Cocos nucifera* (direkt aus dem festen Endosperm gewonnen oder der Abdampfrückstand von dem alkoholischen Extrakt) und von *Elaïs guineensis* zeigt nach demselben Vorgange keine Myelinformen; bei dem Kokosfett dringen aus der Masse nach Zusatz von Ammoniak nur zahlreiche größere und kleinere Kugeln hervor.

Zusatz von Wasser zum Sekret der Fruchtscheidewand von *C. annuum* (ferner zu Fettsäure und zu den anderen genannten Fetten und Ölen) gibt keine Myelinformen. Es besteht daher das Paprikasekret vorherrschend aus einem vielleicht an Ölsäure reichen Fett, das bei Zusatz von Ammoniak die Myelinformen hervorruft.

Fügt man, nachdem die Myelinformen durch den Einfluß von Ammoniak sich entwickelt haben, konzentrierte Kochsalzlösung hinzu, so ziehen sich die Myelinfäden sofort zurück, teilweise werden sie abgerissen und ballen sich zu Kugeln und Klumpen zusammen; dasselbe erreicht man durch Zusatz von Essigsäure. Läßt man zu der ursprünglichen Sekretmasse Essigsäure oder konzentrierte Kochsalzlösung hinzufließen, so

[1] Fr. Czapek, Biochemie der Pflanzen, I. Bd., 1905, p. 153.

[2] Die Bildung von »myelinartigen Körpern« erwähnt auch Molisch bei der Erklärung seiner Fettverseifungsmethode (Zusatz eines Gemisches von gleichen Volumteilen wässeriger konzentrierter Kalilauge und wässeriger konzentrierter Ammoniaklösung zu fettem Öle). H. Molisch, l. c., p. 10.

Digitized by Google

zerfällt sie in einzelne Tropfen; durch Ammoniak entstehen nun um jeden Tropfen schöne Myelinformen. Die Bildung der Myelinformen ist daher eine durch Ammoniak bewirkte Quellungserscheinung, wie sie in analoger, einfacher Weise das Sekret der Drüsenhaare von *Dipsacus sylvestris* zeigt.[1]

Wenn man zu einem vollständig homogenen Sekret der Fruchtscheidewand von *C. annuum* Ammoniak hinzufließen läßt, so entstehen außer den schönen Myelinformen sehr zahlreiche, gut ausgebildete, monokline Kristalle (Fig. 1 und 3), deren mikrochemische Eigenschaften später angegeben werden.

Man kann sich auf leichte Weise größere Mengen der zu Myelinformen geeigneten Substanz verschaffen, wenn man etwa zwei Fruchtscheidewände kurze Zeit (3 bis 5 Minuten) mit Alkohol (96prozentig) extrahiert; dann filtriert man, um Verunreinigungen zu entfernen, und verdampft das Filtrat auf dem Wasserbade; es bleibt eine schwach gelbliche, mitunter auch farblose, ölartige Substanz zurück. Eine sehr kleine Menge derselben, etwa so groß, wie sie mit der Präpariernadel aufgenommen werden kann, wirkt auf der Zunge heftig brennend; sie enthält viel Capsaïcin.

Mikroskopisch betrachtet, sieht der Abdampfrückstand homogen, farblos oder schwach gelblich aus; erst nach 24 bis 48 Stunden sieht man in ihm Kristalle von der bekannten Form (Fig. 3). Fügt man zu dem Abdampfrückstand in dem Porzellanschälchen Ammoniak hinzu, so sieht man nach einigen Stunden ruhigen Stehens in dem nun gelblich gefärbten Ammoniak große Flocken herumschwimmen, welche durchwegs aus jenen wohlausgebildeten Kristallen bestehen.

Sehr schöne, rötliche Myelinformen erhält man, wenn man den blutrot gefärbten, beißenden Abdampfrückstand des alko-

[1] R. Rostok, Über die biologische Bedeutung der Drüsenhaare von *Dipsacus sylvestris*. Bot. Ztg., 1904. »Die in den Becken und auf anderen Teilen der Blätter von *Dipsacus sylvestris* vorkommenden Drüsenhaare stoßen nach Cohn, sobald sie mit Wasser in Berührung kommen, aus ihrem Scheitel einen oder mehrere dünne Fäden aus; setzt man dem Wasser osmotisch wirksame Substanzen zu, so verschwinden die Fäden mit großer Schnelligkeit in der Drüse; verwendet man Ammoniak, so verlängern sie sich auffallend. Darwin erhielt durch Anwendung von Ammoniak ball- oder wurstförmige Massen, die freiwillig ihre Form änderten und fast amöboide Bewegungen ausführten.«

Digitized by Google

holischen Extraktes von normalem, gepulvertem Paprika verwendet; auffallenderweise kommt es hier, selbst nicht bei Anwendung eines viele Tage alten Abdampfrückstandes, zur Bildung jener charakteristischen Kristalle, wie sie stets bei demselben Vorgange die Fruchtscheidewand oder direkt das Sekret derselben zeigt.

Ein gepulverter, schön rot gefärbter Paprika, der aus allen Teilen der Frucht bestand und nach chemischer und mikroskopischer Untersuchung keine Verfälschung zeigte, aber keine Spur eines beißenden Geschmackes besaß, gab einen roten Abdampfrückstand, der, auf die Zunge gebracht, gleichfalls ohne Wirkung war; er besaß also kein Capsaïcin. Bei Anwendung von Ammoniak erhielt ich dieselben schönen, roten Myelinformen wie bei dem normalen Paprika, jedoch ebenfalls keine Kristalle.

Der Abdampfrückstand des alkoholischen Extraktes der Fruchtwand allein, der, wie der Geschmack zeigt,[1] kein Capsaïcin enthält,[2] gibt nur vereinzelte, dicke Myelinfäden und

---

[1] Die Fruchtwand hat infolge des reichen Gehaltes an reduzierendem Zucker einen süßlichen Geschmack. H. Molisch, l. c., p. 53.

[2] Nach Gy. Istvánffi (Beih. zum bot. Zentralbl., III. Jahrg., 1893, p. 469) soll Capsaïcin nicht allein in den Drüsen der Fruchtscheidewand, sondern auch im Perikarp und im Samen vorkommen, weil hier gewisse mikrochemische Reaktionen (mit Kalilauge und Chlorammon, Salpetersäure, Schwefelsäure etc.) mit denen des Drüsengewebes der Scheidewand übereinstimmen. Aus dieser Übereinstimmung den Schluß zu ziehen, daß in diesen Geweben auch Capsaïcin enthalten sein muß, scheint mir nicht richtig zu sein. Wenn z. B. Schwefelsäure die Drüsenzellen, namentlich das abgezogene Drüsengewebe nach Istvánffi schön rosenrot färbt, so ist dies eine der bekannten Eiweißreaktionen. (Tatsächlich enthält die Fruchtscheidewand viel reduzierenden Zucker und namentlich in der Epidermis mitunter sogar sehr große Mengen von Eiweiß, wie ich später zeigen werde.) Tritt die Rosafärbung bei einem anderen Gewebe derselben Frucht ein, so können wir nicht auf Capsaïcin schließen, sondern eben nur urteilen, daß hier sehr wahrscheinlich gleichfalls Eiweiß und Zucker vorhanden sind. Selbst wenn alle jene von Istvánffi angeführten Reaktionen bei zwei oder mehreren verschiedenen Geweben mit denen des Drüsengewebes übereinstimmen, so ist das nach meiner Meinung noch kein Beweis, daß alle diese Gewebe auch Capsaïcin enthalten müssen. Ein sicheres, mikrochemisches Reagens, das an der reinen Substanz erprobt ist, kennen wir bis heute nicht; das feinste Reagens ist, wie schon gesagt, der Geschmack. Da nun die Fruchtwand keine Spur eines beißenden Geschmackes erkennen läßt, so enthält sie kein Capsaïcin. Die von

Digitized by Google

runde Gebilde, die wie eine eingerollte Uhrfeder aussehen oder eine netzartige Zeichnung haben. Auch hier von Kristallen keine Spur. Direkte Gewebestücke der Fruchtwand geben nach Zusatz von Ammoniak keine Myelinformen.[1] Man kann also schließen, daß das zu Myelinformen sich eignende Öl in der Fruchtwand nur in geringer Menge vorhanden ist.

Auch von der Fruchtscheidewand geben nur solche Fragmente Myelinformen, die eine Drüse enthalten; hier erhält man auch gleichzeitig die bekannten Kristalle.

Macht man einige Querschnitte durch eine Fruchtscheidewand etwa in der Mitte derselben (in Beziehung auf die Längsachse der Frucht), so wird man sicher einige Stellen mit drüsenartigen Hohlräumen finden; diese zeigten sich (bei trockenen Früchten aus dem Jahre 1905) nach Zusatz von Ammoniak stets nach innen eingesenkt, so daß die Epidermiszellen eine nach außen konkave Linie bildeten (Fig. 4); die Cuticula *(c)* nicht nach außen gewölbt, sondern (im Querschnitt) als gerade Linie über den Hohlraum gespannt; in der Drüsenhöhle zahlreiche Myelinformen und Kristalle. An anderen Stellen des Querschnittes fehlen die Myelinformen vollständig sowohl an und in den Epidermiszellen als auch in dem zusammengedrückten Mesophyll.

Aus allen diesen Versuchen kann man schließen, daß das Sekret in den Drüsen der Fruchtscheidewand eine große Menge von zu Myelinformen geeignetem Öl und, wie durch den Geschmack sicher nachzuweisen ist, Capsaïcin enhält; das Capsaïcin beschränkt sich nur auf die Scheidewand, und zwar auf das Drüsensekret; mit dem zu Myelinformen geeigneten Öl ist aber keineswegs immer Capsaïcin verbunden, wie die Versuche mit dem capsaïcinfreien, gepulverten Paprika und der Fruchtwand deutlich zeigen.

A. Meyer und H. Molisch ausgesprochene Ansicht, daß nur die Fruchtscheidewände die Träger des Capsaïcins sind, ist daher durch die Untersuchungen von Istvánffi weder erschüttert noch widerlegt.

[1] Es entstehen hier auf dem Gewebestück und außerhalb desselben stets zahlreiche, kleine, an beiden Enden mit einem mehr weniger tiefen Einschnitt versehene Prismen und Aggregate derselben von unbekannter Natur. Sie sind mit den Kristallen (Fig. 3) niemals zu verwechseln.

Digitized by Google

Ob die öfters erwähnten Kristalle bestimmter Form [1] (Fig. 2 und 3), die sowohl direkt im Sekret beobachtet werden können, als auch in dem Abdampfrückstand des alkoholischen Extraktes der Fruchtscheidewand nach einigen Tagen entstehen und nach Zusatz von Ammoniak zu jenem Sekret sich bilden (aber niemals bei einem anderen, ebenfalls Myelinformen zeigenden Öle vorkommen), Capsaïcin oder vielleicht nur ein kristallisiertes Fett sind, soll im folgenden erwogen werden. Läßt man bei einem mikroskopischen Präparate — Sekret der Drüse einer Scheidewand plus Ammoniak — nach dem Sichtbarwerden der Kristalle fortgesetzt Ammoniak und später Wasser zufließen, das durch Filtrierpapier beständig entfernt wird, so bleiben schließlich nur farblose Kristalle, Kristallaggregate und kristallinische Stücke übrig; man bemerkt keine Spur einer anderen Substanz. Die Aggregate, welche öfter sehr groß sind (z. B. 264 μ lang, 96 μ breit), lassen ihre Zugehörigkeit zu dem System der regelmäßig ausgebildeten Kristalle sehr leicht erkennen.

Bringt man eine sehr kleine Menge dieser Kristallbildungen auf die Zunge, so wirkt sie stark beißend. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß diese Kristalle Capsaïcin enthalten.[2]

Die mikrochemischen Eigenschaften dieser Kristalle und ihrer Aggregate sind folgende:

In kaltem Wasser unlöslich; in heißem Wasser verschwinden sie sofort; sie sind leicht löslich in Alkohol (96prozentig), Chloroform, Äther, Benzol, Schwefelkohlenstoff, Aceton, Methylalkohol; Zusatz von Holzgeist: aus jedem Kristall entsteht ein Tropfen; sie sind löslich in Chloralhydrat, Nelkenöl; nicht (oder vielleicht nur schwer?) löslich in Petroläther; langsam löslich in Tetrachlorkohlenstoff; in konzentrierter Salpetersäure werden sie sofort gelöst mit anfangs gelber, später gelbbrauner Farbe; sie sind löslich in konzentrierter Schwefelsäure;

[1] Sie gleicht auffallend den monoklinen Prismen des mit Ammoniak gefällten Kreatins. H. Behrens, Anleitung zur mikrochemischen Analyse, 1897, H. 4, p. 9.

[2] Daß der Abdampfrückstand vom alkoholischen Extrakt eines gepulverten, scharf schmeckenden Paprikas selbst nach vielen Tagen, auch nach Zusatz von Ammoniak, keine derartigen Kristalle zeigt, hat seinen Grund offenbar darin, daß ihre (der Kristalle) Substanz durch andere Stoffe so festgehalten wird, daß es unter den gegebenen Umständen nicht zum Auskristallisieren kommt.

Digitized by Google

bei Zusatz von konzentrierter oder verdünnter Salzsäure bilden sich aus den schrumpfenden Kristallen kleine Tröpfchen; Zusatz von Eisessig: die Kristalle werden sofort zu Tröpfchen, die sich nicht weiter zu verändern scheinen; sie sind ferner leicht löslich in verdünnter Kali- und Natronlauge; nach Zusatz eines Tropfens eines Gemisches von wässeriger konzentrierter Kalilauge und wässeriger konzentrierter Ammoniaklösung (1 : 1) bildet sich aus jedem Kristall ein farbloser Tropfen, der sich selbst nach einigen Stunden nicht verändert; Zusatz von 0·4 prozentiger Osmiumsäure: die Kristalle verlieren ihre scharfen Umrisse und färben sich allmählich braun bis braunschwarz.

K. Micko,[1] der das Capsaïcin in Form von farblosen, durchsichtigen Täfelchen, Blättchen oder glitzernden Schüppchen rein erhielt, gibt für dasselbe folgende Eigenschaften an: »Große Löslichkeit in Äther, Alkohol, Chloroform, Benzol; in Schwefelkohlenstoff löst es sich etwas schwerer als in den genannten Flüssigkeiten; in kaltem Wasser unlöslich; in heißem Wasser nur schwer löslich; unlöslich in kalter, verdünnter oder konzentrierter Salzsäure; in verdünnten Alkalien leicht löslich; konzentrierte Salpetersäure scheint heftig einzuwirken und gibt schließlich eine braungelbe Lösung.«

Bezüglich der übrigen, von mir auf jene Kristalle angewendeten Flüssigkeiten liegen für reines Capsaïcin keine Beobachtungen vor. In ihrem Verhalten zu Äther, Alkohol, Chloroform, Benzol, annähernd auch zu Schwefelkohlenstoff, ferner zu verdünnten Alkalien und konzentrierter Salpetersäure stimmen jene Kristalle mit dem von Micko charakterisierten Capsaïcin überein; dagegen nicht in ihrem Verhalten zu heißem Wasser und zu Salzsäure. Manche Eigenschaften, so die leichte Löslichkeit in Schwefelkohlenstoff, Äther, Chloroform, Nelkenöl und Aceton, ferner ihre Braunfärbung durch Osmiumsäure haben sie mit fetten Ölen gemeinsam.

Unter Berücksichtigung aller dieser Eigenschaften möchte ich unter Hinweis auf das von mir angewendete Reinigungsverfahren vorläufig nur urteilen, daß diese Kristalle und

[1] L. c., p. 824.

Digitized by Google

Kristallaggregate wahrscheinlich Capsaïcin enthalten.[1] (Mit Rücksicht auf die noch in den kleinsten Teilchen zum Ausdrucke kommende Wirksamkeit des Capsaïcins bleibt es zweifelhaft, ob diese Kristalle selbst Capsaïcin sind oder in ihrer Substanz Capsaïcin enthalten oder durch anhaftendes capsaïcinhaltiges Öl verunreinigt sind.)

II. Eiweißkristalle.

Gelegentlich der Untersuchung der Sekretdrüsen fand ich bisweilen an manchen Stellen der Fruchtscheidewand, und zwar in den Epidermiszellen, mitunter auch in den kollabierten Mesophyllzellen eigentümliche, kristallartige Bildungen, die sich sofort von den früher besprochenen Kristallen nicht allein durch ihre Form, sondern auch dadurch unterschieden, daß sie in Alkohol unlöslich waren. Einmal auf die bisher nicht beachteten Kristalle der Paprikafrucht aufmerksam geworden, untersuchte ich die Formen, Eigenschaften und das Vorkommen derselben näher und konnte sie auch in der Fruchtwand nachweisen. Soweit meine bisher an trockenen Früchten durchgeführten Untersuchungen zeigten, läßt sich über diese Bildungen folgendes sagen:

Sie sind wahrscheinlich nicht in jeder Fruchtscheidewand und auch nicht an jeder Stelle derselben vorhanden, sondern vorherrschend dort, wo Sekretdrüsen sind. In dem gezeichneten Querschnitt durch eine Scheidewand (Fig. 4) waren sie nicht allein in den Epidermiszellen der Drüse, sondern auch in den gegenüberliegenden (nicht gezeichneten) Epidermiszellen der ungefähr 170 μ dicken Fruchtscheidewand vorhanden. Am leichtesten sind sie, falls überhaupt vorhanden, zu bemerken, wenn man die abgeschnittenen Scheidewände einige Stunden

[1] Die in den Drüsen der Fruchtscheidewände von *C. annuum* leicht nachweisbaren Kristalle (und kristallinischen Stücke) gelten allgemein als »Capsaïcinkristalle«, obwohl streng genommen niemand bisher einen Beweis dafür gebracht hat. Man weist auf den brennend scharfen Geschmack hin. Da aber, wie schon öfters hervorgehoben wurde, das Capsaïcin selbst in ganz minimalen Spuren auf der Zunge noch sehr wirksam ist, so kann man durchaus nicht sicher behaupten, ob das, was man durch den Geschmack prüft, rein ist oder doch noch kleine Mengen einer anderen Substanz, etwa eines Öles besitzt, das das Capsaïcin enthält.

Digitized by Google

in Alkohol liegen läßt, um Öl, Capsaïcin und Farbstoff möglichst zu entfernen und die Präparate in Wasser oder Glyzerin betrachtet. Wo sie aber in der Fruchtwand vorkommen, da können sie ohne weiteres in den Zellen der direkt in das Wasser gelegten Präparate klar und deutlich gesehen werden, ein Beweis, daß sie ursprünglich vorhanden sind undnicht etwa erst durch den Einfluß des Alkohols entstehen. Da, wo sie vorkommen, sind sie stets in großer Menge vorhanden und nicht zu übersehen.

Die Form dieser farblosen Kristalle und kristallartigen Bildungen ist teilweise aus den Figuren erkenntlich: in jeder dieser Epidermiszellen einer Fruchtscheidewand ein oder mehrere Kristalle, vier- und sechsseitige Prismen, normal ausgebildet oder mit schwach abgerundeten Kanten; viele zeigen verschiedene Risse und Sprünge, durch welche Spaltungsstücke entstanden sind; seltener sind sie ganz unregelmäßig, ohne bestimmte Form. Sehr charakteristisch sind die namentlich im Mesophyll der Scheidewand und in der Fruchthaut sehr oft wahrgenommenen Formen, die scheinbar aus mehreren aneinander liegenden, eine bis 70 μ lange Reihe bildenden kleinen Prismen bestehen (Fig. 6). Wie schon erwähnt, können sie auch in der Fruchthaut vorkommen, hier aber wahrscheinlich sehr selten; unter 14 untersuchten trockenen Früchten konnte ich nur einen einzigen Fall feststellen, der jene kristallartigen Bildungen, und zwar in ungeheurer Menge zeigte: die meist sehr großen, mehr oder weniger gut ausgebildeten Kristalle verschiedener Form (Fig. 6) fanden sich hier von der Basis bis zur Spitze der Frucht, und zwar nur in dem zartwandigen, kollabierten Parenchym, das auf den kollenchymatischen Kork folgt; auch die Epidermis der Innenseite, sowohl die dünnwandigen Zellen als auch die zierlich gestalteten, bekannten Sklereïden führten diese Kristalle, im letzteren Falle nur vereinzelt. Ich konnte leicht beobachten, daß die Menge derselben von der Grenze des kollenchymatischen Korks an gegen die innere Epidermis bedeutend zunahm.

In den anderen 13 Früchten waren sie nur in wenigen Scheidewänden, aber niemals in der Fruchthaut nachweisbar. (Hier findet man mitunter an manchen Stellen sehr bedeutende

Digitized by Google

Mengen oxalsauren Kalkes, schöne, tetragonale Pyramiden oder Drusen, deren Natur leicht nachweisbar ist.)

Die folgenden mikrochemischen Eigenschaften machen es sehr wahrscheinlich, daß wir es hier mit einer eiweißartigen Substanz zu tun haben: sie sind in kaltem und heißem Wasser unlöslich; Alkohol (96prozentig) verändert sie selbst nach fünf Tagen in keiner Weise;[1] in Chloralhydrat quellen sie, verlieren ihre Konturen und verschwinden; sie sind löslich in konzentrierter Salzsäure, Schwefelsäure, im letzteren Falle zeigt das Präparat eine schöne rosa Färbung (es ist, wie mit Fehlingscher Lösung leicht nachweisbar, auch viel reduzierender Zucker vorhanden); in verdünnter Kalilauge quellen sie auf und verschwinden; in konzentrierter Essigsäure löslich; durch konzentrierte Salpetersäure werden sie sehr schwach gelb gefärbt; legt man das Präparat aus der Salpetersäure in Ammoniak, so zeigen sie deutliche Gelbfärbung; Jodalkohol färbt sie gelb, Millon's Reagens allmählich rosenrot; durch Säurefuchsin (Zimmermann's Methode *B*) sind sie sehr leicht färbbar.

Ob auch andere *Capsicum*-Arten dieses Vorkommen von Eiweißkristallen zeigen und wie diesbezüglich die Verhältnisse in der noch grünen Frucht sind, darüber werde ich in einer späteren Arbeit berichten.

Als Erklärung für dieses Vorkommen von Eiweiß scheint mir folgendes wahrscheinlich zu sein, soweit die Untersuchung trockener Früchte ein Urteil gestattet: der Frucht, beziehungsweise den Fruchtscheidewänden werden als den Trägern der Samen bedeutende Mengen von Bildungstoffen zum Aufbau der Samen zugeführt; die Samen entstehen jedoch in der Regel vorherrschend an der Zentralplazenta und nur in geringer Anzahl an den oberen, unvollkommen ausgebildeten Scheidewänden. Der Mangel der Samen an dieser Stelle ist wahrscheinlich nicht auf den Mangel an Baustoffen, sondern

[1] Die Proteïnkörper verhalten sich zu Alkohol verschieden: die von H. Molisch (Diese Berichte, Bd. III, p. 195) in den Zweigen von *Epiphyllum* entdeckten Eiweißspindeln sind, wahrscheinlich infolge des Einflusses von Zellbestandteilen, in Alkohol leicht löslich, dagegen zeigt das von C. Mikosch (Diese Berichte, Bd. VIII, p. 33) in den Blättern von *Oncidium microchilum* nachgewiesene, geformte Eiweiß in Alkohol keine Veränderung.

Digitized by Google

auf eine andere Ursache zurückzuführen. Die nicht zur Verwendung kommenden Eiweißstoffe werden daher hier, und zwar vorherrschend in den Epidermiszellen, öfters auch in den Mesophyllzellen abgelagert. Was ihr Vorkommen in der Fruchthaut anbelangt, so läßt sich vorläufig, da nur ein einziger Fall vorliegt, ebenfalls keine bestimmte Erklärung abgeben. Die Zentralplazenta der betreffenden Frucht war, wie sich deutlich zeigte, aus einem unbekannten Grunde nur sehr mangelhaft ausgebildet und trug nur wenige Samen; die oberen Scheidewände fehlten vollständig. So gingen vermutlich fast alle für die Entwicklung der Samen bestimmten Baustoffe in die Fruchtwand über und wurden hier abgelagert. Ob diese Erklärung richtig ist, werde ich durch weitere Untersuchungen und Experimente prüfen. Für meine Erklärung spricht auch das von Heinricher[1] nachgewiesene, massenhafte Vorkommen von Eiweißkristallen in den basalen Teilen kranker Kartoffeltriebe: »Da die kranken Pflanzen keine Knollen besaßen und im übrigen durch die Fäule der basalen Stengelteile jede Abfuhr des plastischen Stoffmaterials nach unten unmöglich gemacht war, so wird man in dem abnormen Kristalloidvorkommen nichts anderes erblicken als eine zwangsweise Ablagerung der sonst für die Knollen bestimmten Proteïnstoffe im Laubtriebe.«

Anmerkung.

Nach meinen gemachten Erfahrungen halte ich es für notwendig, auf die Gefährlichkeit des Arbeitens mit trockenen Paprikafrüchten, d. h. auf die überaus heftige Wirkung des Capsaïcins hinzuweisen, die bereits von allen jenen hervorgehoben wurde, welche diese Substanz näher untersuchten.

Flückiger (zit. aus »Köhler's Medizinalpflanzen«, Bd. II) nennt Capsaïcin einen »sehr gefährlichen Körper«. Micko (l. c., p. 825) weist darauf hin, daß »das Capsaïcin, wenn es in Schüppchen kristallisiert ist, ungemein leicht, wenn auch gar nicht sichtbar, verstäubt und in dieser feinen und sehr ver-

[1] E. Heinricher, Über massenhaftes Auftreten von Kristalloiden in den Laubtrieben der Kartoffelknolle; Diese Berichte, IX. Bd., p. 288.

Digitized by Google

dünnten Verteilung einen heftigen Reiz zum Husten und Niesen bewirkt«.

Da ich öfter mit sehr alten, trockenen Früchten arbeitete, bei denen das Sekret auf den Scheidewänden besonders schön und in verhältnismäßig großen Mengen, aber auch direkt leicht verstäubende Kristalle zu finden waren, merkte ich die außerordentlich heftige Wirkung des Capsaïcins sehr deutlich. Die Reizung der Schleimhäute hielt tagelang an; die Untersuchung mußte deshalb öfter unterbrochen werden. Hat man mit Fruchtscheidewänden gearbeitet, so müssen die Hände sorgfältig mit Alkohol und hierauf mit Wasser gereinigt werden. Das Waschen mit Wasser und Seife allein genügt nicht; in diesem Falle bleiben immer noch Spuren des Capsaïcins übrig, welche bei unbedachtem Reiben der Augen ein heftiges, lang anhaltendes Brennen verursachen. Noch nach Tagen wird man an dem Orte, wo mit trockenen Paprikafrüchten gearbeitet wurde, trotz aller Reinigung zum Husten und Niesen gereizt werden.

Digitized by Google

Erklärung der Zeichnungen.

Fig. 1. Myelinformen und Kristalle, entstanden aus einem Sekrettröpfchen einer Drüse der Fruchtscheidewand von *Capsicum annuum* L. nach Zusatz von Ammoniak. Vergrößerung ungefähr 100.

Fig. 2. Kristalle des Sekretes; *a* = in einem Öltropfen liegend. Vergrößerung 300.

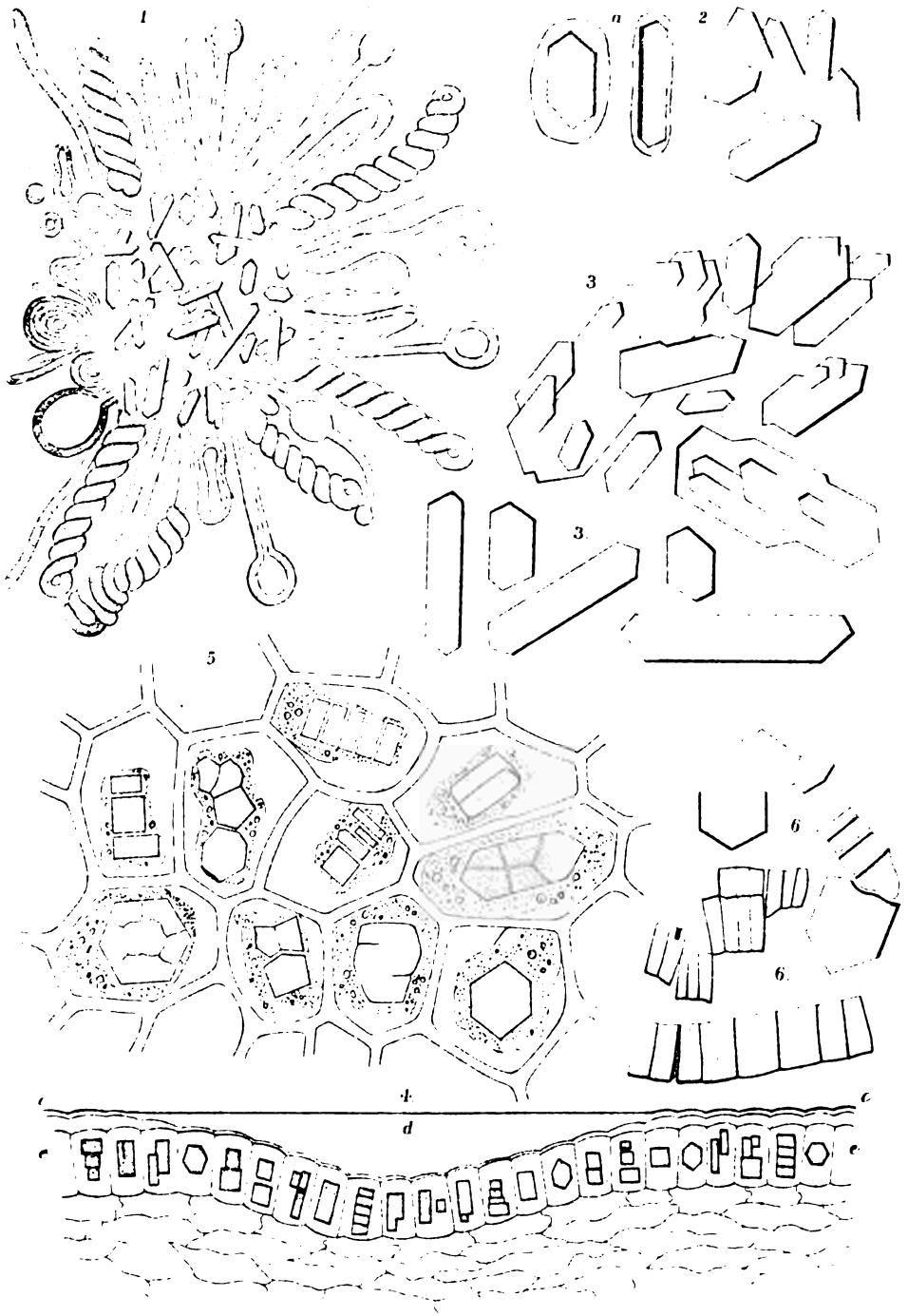
Fig. 3. Kristalle und Kristallaggregate, nach Zusatz von Ammoniak zum Sekret oder zum Abdampfrückstand von dem alkoholischen Extrakt einer Fruchtscheidewand sichtbar. Vergrößerung 300.

Fig. 4. Querschnitt durch eine Drüse der Fruchtscheidewand: *c* = Cuticula, *d* = Drüsenhöhle, *e* = Epidermis mit Eiweißkristallen. (Etwas schematisiert.)

Fig. 5. Epidermiszellen der Fruchtscheidewand mit Eiweißkristallen. Vergrößerung 360.

Fig. 6. Eiweißkristalle aus dem dünnwandigen Parenchym der Fruchthaut. Vergrößerung 360.

Digitized by Google



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXV. Abth. I. 1906.

Digitized by Google

Digitized by Google

Ergebnisse einer zoologischen Forschungsreise von Dr. Franz Werner nach Ägypten und dem ägyptischen Sudan.

III.

Auchmophila Kordofensis, eine neue Psychidengattung und Art, nebst Verzeichnis der übrigen gesammelten Lepidopteren

von

Dr. H. Rebel.

(Mit 1 Tafel.)

Vorgelegt in der Sitzung am 22. März 1906.

Auchmophila[1] n. gen.

♂ Fühler doppelkammzähnig bis zur Spitze, Vorderschiene mit einem sehr langen, das Ende der Schiene erreichenden Sporn. Die kurzen Hinterbeine mit verdicktem Schenkel und spornloser Schiene. Flügel hyalin ohne eingeschobene Zelle. Vorderflügel gestreckt, mit Ader 1*a* und 1*b* nur an einem Punkt anastomosierend, Ader 1*c* durch einen kurzen Querast mit 1*b* verbunden. Ader 3 fehlt, Ader 8 und 9 sind lang gestielt. Auf den kurzen Hinterflügeln fehlt Ader 3 und 6, Ader 7 und 8 anastomosieren bis zum Schluß der Mittelzelle. Das ♀ ist vollständig rückgebildet.

Der Sack der Raupe ist lang, konisch, nackt, pergamentartig.

Die angeführten Merkmale der vorliegenden Psychide rechtfertigen die Annahme einer neuen Gattung, welche nach

[1] αὐχμός Trockenheit, φιλεῖν lieben.

Digitized by Google

dem Verlauf der Innenrandadern der Vorderflügel (Ader 1*a* bis 1*c*) und Mangel einer eingeschobenen Zelle in die Subfamilie der Psychinen (Heyl.) zu stellen ist. Für die neue Gattung besonders charakteristisch ist die Verbindung von Ader 1*c* der Vorderflügel durch einen kurzen Querast mit Ader 1*b*, ferner die von der Basis ausgehende lange Anastomose von Ader 7 und 8 der Hinterflügel und der vollständige Mangel von Spornen auf den Hinterschienen.

Eine kurze Diagnose der Art könnte lauten:

Auchmophila kordofensis n. spec. (♂, ♀). Das ♂ mit glashellen Flügeln und schwarzem, zottig weiß behaartem Körper. Exp. 22—25 *mm*. ♀ gelblich, der Kopf und die vier ersten Segmente am Rücken glänzend schwarzbraun, die Afterwolle gelbgrau. Die Raupe dunkelbräunlich, Kopf und Rückenschilder des Thorax gelblich mit brauner, verwaschener Zeichnung. Der in beiden Geschlechtern gleichgeformte konische Sack ist weiß und erreicht eine Länge von 30 bis 36 *mm*. Aus Kordofan, wo die Säcke auf *Acacia nilotica* zahlreich vorkommen.

Im nachstehenden folgt eine ausführlichere Beschreibung des Tieres:

♂ Die Fühler mit derbem, knopfförmig erweitertem Pedicellus, vom ersten Geißelglied ab doppelkammzähnig bis zur Spitze. Die Kammzähne erreichen beim 16. Geißelglied (was in der halben Geißellänge liegt) ihre größte Länge und nehmen hierauf bis zur Spitze an Länge ab. Die Farbe des Geißelschaftes ist weiß, jene der stark gewimperten Kammzähne dunkelbraun.

Der ganze Körper ist schwarz, überall ziemlich langzottig weiß behaart. Die Scheinpalpen sind dunkelgrau behaart. Der Thorax sehr robust, seine zottige Behaarung hängt am Rücken über die erste Abdominalsegmente und bedeckt auf der Brust großenteils die schwächlichen Beine. Bei letzteren sind die Vorderbeine viel länger als die Hinterbeine. Erstere tragen an der Innenseite ihrer Schiene einen sehr langen Sporn, welcher an dem Beginn der Schiene inseriert und fast bis an ihr Ende reicht. Die Mittelbeine von normaler Beschaffenheit. Die Hinterbeine sind auffallend rückgebildet, ihr Schenkel stark verdickt, die verkürzte Schiene spornlos. Der Hinterleib überragt mit

Digitized by Google

seiner Spitze den Afterwinkel der Hinterflügel, seine zottige Behaarung steht ab, ohne aber in der Mittellinie des Körpers geteilt zu erscheinen.

Die glashellen, durchsichtigen Flügel sind gestreckt geformt. Die Vorderflügel, mit fast geradem, schwärzlichem Vorderrand, abgeschrägter Spitze und schräg verlaufendem Saume, zeigen nur eine ganz kurze Anastomose von Ader 1*a* und 1*b*, wonach ein kurzer Endast gegen den Innenrand zieht, denselben aber nicht erreicht, wogegen der zweite Endast etwas ober dem Innenwinkel in den Saum mündet. Ader 1*c* ist durch einen kurzen Querast mit 1*b* verbunden und weist danach nur einen kurzen Endast auf. Ader 3 fehlt, Ader 4 und 5 entspringen getrennt voneinander, Ader 8 und 9 sind meist lang gestielt, zuweilen fehlt aber Ader 9, d. h. die Gabelung fällt so weit an den apikalen Flügelrand, daß sie verschwindet, wie dies bei einem ♂ auf dem linken Vorderflügel der Fall ist, wogegen der rechte noch eine kurze Gabelung zeigt. Eine eingeschobene Zelle fehlt.

Zuweilen atrophiert auch der untere, die Mittelzelle teilende Längsast (Ader 5 = M_2).

Die Hinterflügel sind kürzer, gerundeter, ebenfalls mit schwärzlich beschupptem Vorderrand und mit drei Innenrandadern; es fehlen daselbst Ader 3 und 6; Ader 4 und 5 entspringen sehr nahe aneinander, Ader 7 und 8 anastomosieren bis zum Schluß der Mittelzelle.

Vorderflügellänge 11 *mm*, Exp. 22 bis 23 *mm*.

Das ♀ vollständig rückgebildet, mit stummelförmigen Beinen, der fühlerlose Kopf, die Thorakalschilder und das Rückenschild des ersten Abdomens lebhaft glänzend dunkelbraun, der Leib gelbbraun mit einem vollständig geschlossenen Ring gelbgrauer Afterwolle, aus welchem das spitze Abdominalende hervorragt. Länge (im Leben gemessen) 11 *mm*.

Die Raupe von Gestalt und Färbung wie in der Gattung *Pachithelia* Westw. Der Kopf, nach vorn schräg abfallend, ist wie die Rückenschilder der drei Thorakalsegmente gelblich gefärbt, mit feinen braunen Punkten gezeichnet. Die Thorakalsegmente zeigen die verwaschene Anlage eines breiten, braunen Seitenstreifens und solcher feinerer Subdorsalen, deren Beginn

Digitized by Google

namentlich am Vorderrande des ersten Segmentes erkennbar ist. Einzelne braune Punkte finden sich noch zerstreut auf den Brustschildern und bilden am Hinterrand des ersten eine gegen die Mittellinie gerichtete Bogenzeichnung. Die Brustbeine bräunlich mit dunkleren Tarsen. Auch der übrige Körper zeigt eine gelbbraune Färbung, welche am Rücken meist in breiter Ausdehnung ins Schwarzbraune übergeht. Die rudimentären Bauchbeine und Nachschieber sind dunkler. Länge der erwachsenen Raupe zirka 27 *mm*.

Die männliche Puppe gestreckt, mit relativ kurzen Flügelscheiden, am Rücken ist der Hinterrand des 3. bis 6. Abdominalsegmentes scharf gesägt, wogegen die folgenden Segmente 7 bis 9 eine dem Vorderrande stark genäherte gezähnte Querleiste besitzen. Bei der Entwicklung schiebt sich die männliche Puppe bis zum 5. Abdominalsegment aus dem Sack, in welchem die weibliche vollständig verborgen bleibt.

Der Sack ist sehr charakteristisch, lang, konisch, von weißer Färbung, ohne weitere Bekleidung, so daß nur das sehr dichte, pergamentartige, feste und zugleich auch geglättete Gespinst seine Außenseite bildet. Die Länge des Sackes variiert zwischen 30 bis 36 *mm*. Die Säcke sind nach dem Geschlechte nicht verschieden.

Die ersten Säcke dieser interessanten Art kamen mir durch Herrn Dr. Kammerer zu und waren auf der Sudanreise des Herrn Dr. Przibram bei El Dueim (Duem) in der Provinz Kordofan Ende Dezember 1903 auf *Acacia nilotica* gesammelt worden.

Mangels Vergleichsmaterials schickte ich einen Sack an den bekannten Psychidenmonographen Herrn Dr. F. J. M. Heylaerts (Breda), der nur die große Ähnlichkeit mit den Säcken der ebenfalls auf einer gedornten *Acacia* in Ostafrika gefundenen *Chalia emiliae* Heyl. hervorhob, welch letztere allerdings »parte inferiori 2—4 ramulos separatim positos« angeheftet zeigen sollen.[1] Ein Sack enthielt noch eine weiche, männliche Puppe, welche aber nicht zur Entwicklung gelangte.

---

[1] Cfr. Compt. rend. Soc. Ent. de Belgique, 8. November 1890.

Digitized by Google

Auf seiner vorjährigen Reise in den ägyptischen Sudan fand nun Herr Dr. Werner in der ersten Hälfte April am Fuße des Gebel Araschkol bei Duem in der Kordofanwüste zahlreiche Säcke dieser Art auf *Acacia nilotica* angeheftet, sodaß manche Zweige dieser Pflanze dicht damit besetzt waren (vergl. Fig. 6). Die Säcke waren durch ihre lichte Färbung schon von weitem auffallend.

Die meisten Säcke waren bereits durch ein ringförmiges Gespinst an den Zweigen festgesponnen, einzelne Raupen krochen aber noch nach der anfangs Mai erfolgten Rückkehr Dr. Werner's nach Wien im Raupenzwinger umher und ermöglichten eine Beschreibung der Raupe aufzunehmen.

Aus den Säcken entwickelte sich nun bis Ende August kein Falter, so daß ich schon die Hoffnung auf ein Zuchtresultat aufgegeben hatte. Erst am 26. August erschien der erste männliche Falter, der sich aber früh morgens entwickelt hatte und ganz zerfetzt am Boden des Zuchtkastens lag. Ich gebrauchte nun die Vorsicht, die Säcke in mehrere Zuchtkästen zu verteilen, dieselben während des Tages der Sonne auszusetzen, aber gegen Abend ins Finstere zu verschließen, wodurch es mir gelang, eine kleine Serie gut erhaltener ♂ zu erhalten. Dieselben entwickelten sich ebenfalls zeitlich am Morgen, blieben aber im Finstern an den Säcken sitzen. Ein mehrmaliges Besprengen der Säcke mit Wasser hatte guten Erfolg. Trotzdem entwickelte sich die überwiegende Mehrzahl der Falter nur krüppelhaft. Aus vielen Säcken schlüpften parasitische Dipteren. Erst am 21. September, als nur mehr ganz vereinzelte ♂ erschienen, entwickelte sich ein ♀, dem bald darauf ein zweites folgte. Dem Verhalten der Psychiden entsprechend, hatten die weiblichen Imagines den Kopfteil aus dem Sackende hervorgestreckt.

Eine Untersuchung des männlichen Tieres ergab, daß es sich um eine echte Psychide handle, so daß eine Zugehörigkeit zur Gattung *Chalia* ausgeschlossen war. Ich teilte dieses Resultat nebst mehreren krüppelhaften Stücken Herrn Dr. Heylaerts mit, welcher die dankenswerte Freundlichkeit hatte, mir Gattung und Art als neu zu bestätigen.

Digitized by Google

Schließlich folgt noch ein systematisches Verzeichnis der übrigen von Herrn Dr. Werner auf seiner Sudanreise gesammelten Lepidopteren:

Pieridae.

1. **Pieris mesentina** Cr. ♂, ♀.

Eine größere Anzahl Stücke beiderlei Geschlechtes von nachstehenden Fundorten: Doleib Hill Sobat 17. Februar, Bor 1. März, Mongalla 2. März, Gondokoro 8. März. Die Stücke durchschnittlich klein, beim ♂ mit schwacher, schwarzer Randzeichnung der Oberseite; beim ♀ sind ebenfalls die schwarzen Randbinden schmäler, auf den Vorderflügeln tritt darin zuweilen eine Reihe weißer Saumflecke auf.

2. **Teracolus calais** Cr. ♂.

Holzstation Khor Attar 11. Februar ein kleines, schwach gezeichnetes ♂.

3. **Teracolus protomedia** Klug. 2 ♂, 1 ♀.

Von Bor und Gondokoro in kleinen Stücken.

4. **Teracolus jone** God. **v. jalone** Butl. ♂, ♀.

Bor 1. März, ♂, ♀ verflogen.

5. **Teracolus eupompe** Klug. ♂, ♀.

Bor 1. März, Gondokoro 10. März, mehrfach.

6. **Teracolus daira** Klug. ♂, ♀.

Bor 1. März, Gondokoro 13. März, Mongalla 28. März, zusammen 3 ♂, 4 ♀.

7. **Teracolus Heuglini** Feld. ♂, ♀.

Bor 1. März, Gondokoro 13. März, 4 ♂, 3 ♀, darunter zwei auffallend kleine Stücke, wovon das ♂ den Apikalfleck der Vorderflügel nach innen schwarz gerändert zeigt.

8. **Teracolus evagore** Klug. **v. Yerburii** Swinh.

Nur 2 ♂ von Gondokoro 13. März.

Digitized by Google

9. **Teracolus citreus** Butl. ♂.

Bor 1. März, Gondokoro 13. März, Mongalla 28. März. Drei geflogene ♂.

10. **Catopsilia florella** F.

Gondokoro 2 ♂ dieser häufigen Art.

Nymphalidae.

11. **Danais chrysippus** L. und **ab. alcippus** Cr.

Doleib Hill Sobat 17. Februar und Gondokoro 24. März. Stammform und *ab. alcippus* in beiden Geschlechtern in Anzahl.

12. **Danais dorippus** Klug. und **ab. albinus** Lanz.

Gondokoro 24. März, Mongalla 28. März, von ersterem Fundorte auch die *ab. albinus*.

13. **Acraea encedon** L. und **ab. lycia** F. und **ab. daira** Godm. und Salv.

Kodok 8. Februar, Doleib Hill Sobat 19. Februar; *ab. lycia* und *ab. daira* von Kodok 8. Februar.

14. **Pyrameis cardui** L.

Assuan; von dieser gemeinen Art wurden weiters keine Belegexemplare mitgenommen.

15. **Junonia oenone** L.

Gondokoro 16. März.

16. **Junonia cebrene** Trim.

Gondokoro 17. März.

17. **Byblia ilithyia** Dru.

Khor Attar 8. Februar, Gondokoro 16. März.

18. **Hamanumida daedalus** F.

Gondokoro 16. März, drei Stücke.

Digitized by Google

19. **Neptis agatha** Cr.

Gondokoro 17. März, zwei Stücke.

Lycaenidae.

20. **Tarucus theophrastus** F.

Bor 1. März, Gondokoro 13. März.

21. **Tarucus cretosus** Butl.

Bor 1. März, ein ♂ dieser bereits von Aurivillius (Swed. Exped. to Egypt. 1901, p. 3) für Ägypten angeführten Art (M. C.).

22. **Lycaena jesous** Guer.

Gondokoro 13. März.

23. **Lycaena moriqua** Wllgr.

Gondokoro 13. März, neu für den Sudan (M. C.).

Sphingidae.

24. **Cephenodes hylas-virescens** Wllgr. ♂.

Gondokoro 7. März.

Lymantriidae.

25. **Creaga adspersa** H. S. ♂, ♀.

Gaba Shambe 26. Februar, 2 ♂, 1 ♀. Die ♂ sind kleiner und blässer als Herrich-Schäffer's Bild (Exot. Fig. 109), die verloschenen Diskalpunkte sind deutlicher.

Agaristidae.

26. **Xanthospilopteryx geryon** F.

Gondokoro 9. März, ein ♂ (M. C.).

27. **Tuerta (trimeni** Feld. v.) **halans** Karsch.

Ein einzelnes ♀, zwischen Kenissa und Bor am 28. Februar erbeutet, stimmt vollständig mit der Beschreibung und Abbildung

Digitized by Google

von *Mitrophus halans* Karsch. (Ent. Nachr. XXI, p. 354, Taf. 2, Fig. 7 von Togo), weicht aber von *Tuerta trimeni* Feld., wozu sie Hampson (Cat. Phalaen. III, p. 624) als Synonym zieht, durch geringere Größe, viel schmälere Form der weißen Basallängsbinde und solcher Subapikalquerbinde der Vorderflügel sehr stark ab. Die Bauchseite des Abdomens ist weiß mit breitschwarzen Segmenträndern. Trotz der gewiß großen Variabilität von *T. trimeni* scheint *halans* zum mindesten eine namensberechtigte Form zu bilden. Das Stück befindet sich im Wiener Naturhistorischen Hofmuseum.

Noctuidae.

28. **Prodenia littoralis** B.

Bor 2. April.

29. **Leucania? amens** Gn.

Gaba Shambe 26. Februar, ein stark beschädigtes Exemplar, dürfte dieser Art angehören.

30. **Sphingomorpha chlorea** Cr.

Bor 1. März, Mongolla 28. März, mehrfach.

31. **Polydesma quenavadi** Gu.

Gondokoro 5. März, 7. März.

32. **Catephia dulcistriga** Wlk.

Bor 26. Februar, ein ♂. Die Hinterflügel sind in der Basalhälfte weiß mit schwarzem Mittelpunkt.

33. **Ophiusa croceipennis** Wlk.

Bor 1. März, nur ein ♀ (M. C.)

Geometridae.

34. **Eubolia disputaria** Gn.

Ed el Oud 13. März, ♂ stimmt gut mit der Abbildung der Art bei Rothschild (Nov. Zool. XII, Taf. 4, Fig. 25).

Digitized by Google

Limacodidae.

35. **Parasa vivida** Wlk.

Bor 28. Februar, ein frisches ♂ (M. C.).

Cossidae.

36. **Rhizoma pallens** H. S.

Bor 1. März, nur ein ♂ (M. C.)

Pyralidae.

37. **Scirpophaga? auriflua** Z.

Ein ♀ von Bor 1. März mit abgebrochenem Abdomen, gehört entweder dieser Art an oder zu *praelata* Sc.

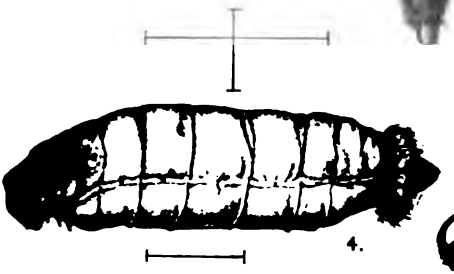
38. **Schoenobius** spec.

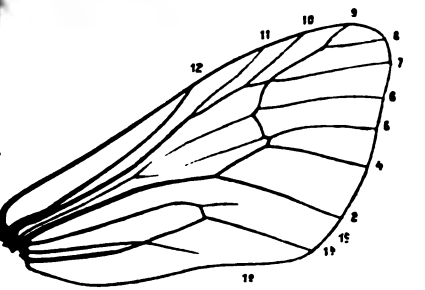
Bor 28. Februar, ein einzelnes ♀, vielleicht zu *niloticus* Z. gehörig (M. C.).

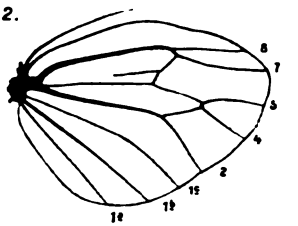
Tafelerklärung.

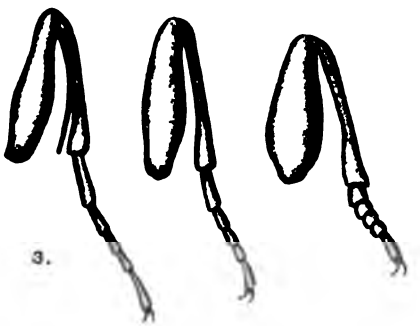
Fig. 1. Auchmophila Kordofensis ♂.
» 2. » » Geäder.
» 3. » » Beine ohne die Behaarung (nach einem Glyzerinpräparat).
» 4. Auchmophila Kordofensis ♀ (lebend gezeichnet).
» 5. » » Raupe (nach einem Alkoholpräparat).
» 6. » » Raupensäcke.

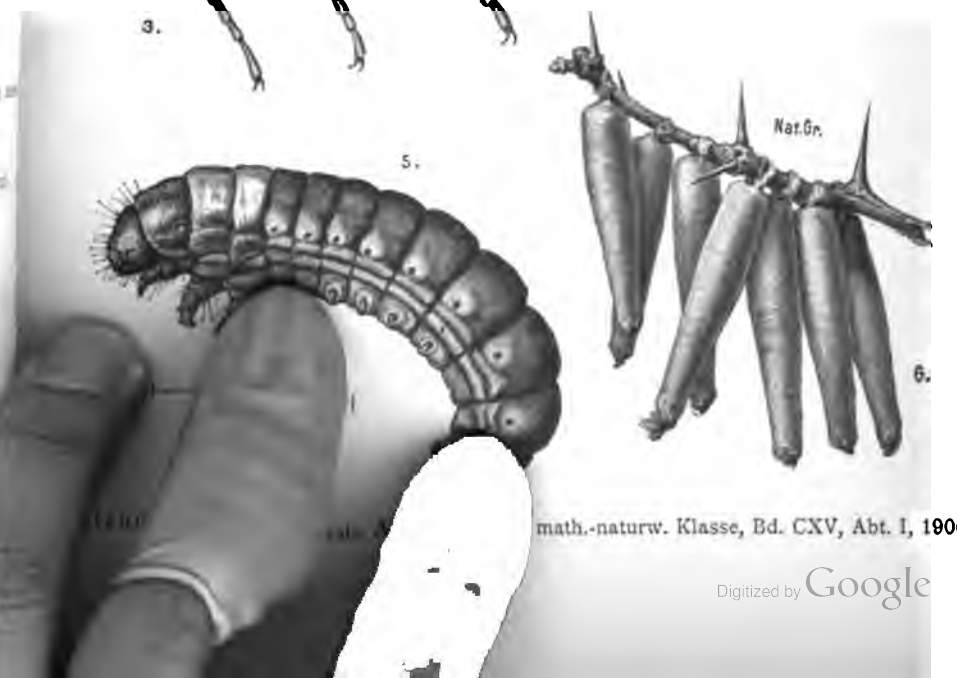
Digitized by Google











Digitized by Google

Digitized by Google

Beitrag zur Flechtenflora Kretas

von

Kustos Dr. **A. Zahlbruckner.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 1. Februar 1906.)

Im Jahre 1904 wurden auf der Insel Kreta zwei Flechtenkollektionen aufgebracht und mir zur Bearbeitung übergeben. Die eine, die artenreichere Sammlung, brachte Herr Dr. R. Sturany aus Ostkreta[1] mit, wohin er mit Unterstützung der Gesellschaft zur Förderung der naturhistorischen Erforschung des Orients in Wien eine zoologische Studienreise unternahm. Die zweite übergab mir Herr J. Dörfler, der mit einer Subvention der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien die Insel botanisch durchforschte; sie stammt teils aus dem Gebiete des Berges Ida, teils von den beiden im Golfe von Massaré gelegenen Inseln Paximadhia.

Die beiden Kollektionen umfassen insgesamt 89 Flechtenarten. Diese im Vereine mit derjenigen Raulin's,[2] der einzigen vier Arten umfassenden Angabe über die Flechtenflora Kretas, gestatten selbstredend keine näheren Studien über die vertikale und horizontale Verbreitung der Flechten Kretas und einen eingehenden Vergleich ihrer Flechtenvegetation mit derjenigen der angrenzenden Gebiete. Nur soviel läßt sich sagen, daß die in Ostkreta berührten Teile gut übereinstimmen mit dem griechischen Festlande,[3] die beiden Inseln Paximadhia

[1] Vergl. H. Rebel und R. Sturany, Bericht über eine zoologische Studienreise nach Ostkreta (X. Jahresber. der Gesellsch. zur naturhist. Erforsch. des Orients, Wien, 1904, p. 6 bis 18).

[2] Description physique de l'île de Crète (Paris, 1869).

[3] J. Steiner, Prodromus einer Flechtenflora des griechischen Festlandes (diese Sitzungsber., Bd. CVII, 1898, p. 103 bis 189).

Digitized by Google

hingegen zeigen einen engen Anschluß an die insulare Flechtenflora Süddalmatiens, welches ich als das »adriatische Flechtengebiet« bezeichnet habe.[1]

Verrucariaceae.

1. **Verrucaria (Lithoicia) fuscella** (Turn.) Nyl.

An Kalkfelsen bei Neapolis (Sturany).

2. **Verrucaria (Euverrucaria) marmorea** (Scop.) Arn.

An Kalkfelsen in der Hochebene Lasithiotika bei Kristallenia (Sturany).

3. **Verrucaria (Euverrucaria) decussata** Garovgl., Lichenoth. Italian., edit. 1ª, Dec. 24, No. 10 (1840) et Tentam., Disp. Meth. (1865), p. 40, Tab. III, Fig. 1; Arn. in Flora, Bd. LXVIII (1885), p. 75; Jatta, Sylloge Lich. Italic. (1900, p. 519. — *Verrucaria cyanea* Mass., Mem. Lichgr. (1853), p. 144, Fig. 172; Anzi, Lich. rar. Venet., No. 148! — *Verrucaria limitata* Krph. apud Mass., Sched. critic., vol. VI (1856), p. 123; Krph., Lich.-Flora Bayerns (1861), p. 241; Hepp, Flecht. Europ. Nr. 429!

An Kalkfelsen der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

4. **Verrucaria (Euverrucaria) rupestris** (Schrad.) Nyl.

An Kalkfelsen auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

5. **Verrucaria (Euverrucaria) calciseda** DC.

An Kalksteinen der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler) und bei Neapolis (Sturany).

Dermatocarpaceae.

6. **Dermatocarpon miniatum** (L.) Th. Fr.

An Hornsteinauflagerungen auf dem Gipfel des Aphendi Christós im Lasithigebirge, 2155 *m* (Sturany).

[1] A. Zahlbruckner, Vorarbeiten zu einer Flechtenflora Dalmatiens II. (Österr. Botan. Zeitschr., Bd. LIII, 1903, p. 148).

Digitized by Google

Arthoniaceae.

7. **Arthonia galactites** Duf. in Journ. de Phys. (1818), Sep. p. 5; Körb., Parerg. Lich. (1861), p. 267; Almqu., Monogr. Arthon. in kgl. Svensk. Vet.-Akad. Handl., Bd. XVII, No. 6 (1880), p. 45; Willey, Synops. Arthon. (1890), p. 3; Jatta, Sylloge Lich. Ital. (1900), p. 436; Oliv., Exp. Lich. Ouest Franc., vol. II (1902), p. 219. — *Verrucaria galactites* DC., Flor. franç., vol. II (1805), p. 335. — *Arthonia punctiformis* Mass., Ricerch. auton. Lich. (1852), p. 50, Fig. 93 excl. syn.

Auf den Zweigen von *Pistacia Lentiscus* auf der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

Die Sporen dieses Stückes sind 11 μ lang und 3 bis 3·5 μ breit, die Pyknokonidien 9 bis 11 μ lang und 1 μ breit. Diese Dimensionen würden besser auf die f. *galactites* Bagl. (cfr. Arn. in Flora, Bd. LXX, 1887, p. 160) stimmen, doch sind die Exemplare wegen der Kleinfrüchtigkeit zum Typus zu ziehen.

Graphidaceae.

8. **Opegrapha Chevallieri** Leight., Brit. Graphid. in Ann. and Magaz. Nat. Hist., Sec. Series, vol. XIII (1854), p. 90, Tab. V, Fig. 4*a—c*; Arn. in Flora, Bd. LXX (1887), p. 162. — *Opegrapha atra* var. *Chevallieri* Stzbgr., Steinbew. Opegr. (1865), p. 20, Tab. I, Fig. 1*a—e*, *t—z*. — *Opegrapha calcarea* var. *Chevallieri* Oliv., Exp. Lich. Ouest Franc., vol. II (1902), p. 198.

An kalkhaltigem Mergel der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

Chiodectonaceae.

9. **Chiodecton cretaceum** A. Zahlbr. in Österr. Bot. Zeitschr., Bd. XLIX (1899), p. 245 et Lich. rar. exsicc. No. 6.

An Kalkfelsen der größeren Insel Paximadhia (Dörfler).

Die Exemplare von Kreta stimmen mit denjenigen von Pola und der Insel Pelagosa vollkommen überein. Die Art scheint der Adria und dem östlichen Teile des Mittelländischen Meeres anzugehören.

Digitized by Google

Roccellaceae.

10. **Roccella fucoides** Wainio apud Catal. Welwitsch, Afric. Plants, vol. II, part. II (1901), p. 433; A. Zahlbr. in Annal. naturh. Hofmus. Wien, Bd. XIX (1904), p. 413. — *Roccella phycopsis* (L.) Ach.; Darb., Monogr. Roccell. (1898), p. 34, Tab. XIII—XIV, Fig. 44—61.

An den senkrechten, in das Meer abstürzenden Felswänden und mitunter auch Gesträuche besiedelnd, an der Nordküste der größeren Insel Paximadhia (Dörfler).

Lecanactidaceae.

11. **Lecanactis Dörfleri** A. Zahlbr. nov. spec.

Thallus crustaceus, uniformis, tenuissimus, effusus, continuus, laevigatus, cinerascenti-albus, KHO—, $CaCl_2O_2$—, KHO+$CaCl_2O_2$ leviter erythrinosus, in margine linea obscuriore non cinctus, esorediosus, ecorticatus, gonidiis chroolepoideis. Apothecia sessilia, minuta, 0·3—0·8 *mm* lata, tenuia, e concavo subplana, rotunda vel subrotunda, nigra; disco leviter caesio-pruinoso; margine tenuissimo, integro vel sublobulato, leviter prominente et parum incurvo; excipulo fuligineo cum hypothecio fuligineo confluente; hymenio pallido, in parte superiore olivaceo-fuscescente, 70—80 μ alto, J e violaceo demum fulvescente; paraphysibus haud crebre ramosis, conglutinatis, apice subclavatis; ascis cylindraceo-clavatis, hymenio parum brevioribus, 50—75 μ longis et 10—12 μ latis, membrana apice incrassata cinctis, 8sporis; sporis in ascis suboblique dispositis, decoloribus, subfusiformi-oblongis, apicibus rotundatis, rectis vel subrectis, in medio nonnihil parum constrictis, 3septatis, cellulis cylindricis, membrana tenui cinctis, sine halone, 11—16 μ longis et 3·5—4 μ latis. Conceptacula pycnoconidiorum minuta, subsessilia, depresso-semiglobosa, nigra, poro tenuissimo (solum sub lente visibili); perithecio dimidiato, fusco, non celluloso; fulcris exobasidialibus, iteratem et subunilateraliter divisis; pycnoconidiis bacillari-filiformibus, plus minus arcuatis vel etiam subrectis, 8—13 μ longis et vix 1 μ crassis.

Digitized by Google

An abgestorbenen Strauchzweigen an der Nordküste der größeren Insel Paximadhia, in Gesellschaft der *Roccella fucoides*, 300 *m* über dem Meere (Dörfler).

Die neue Art ist durch die kleinen, beiderseits abgerundeten Sporen, durch die sitzenden, kleinen Apothecien und durch die schwach entwickelte Kruste gut gekennzeichnet.

Gyalectaceae.

12. **Petractis clausa** (Hoffm.) Arn.

An Kalkfelsen bei Kritsa nächst S. Nicola (Sturany).

Diploschistaceae.

13. **Diploschistes actinostomus** A. Zahlbr. in Hedwigia, Bd. XXXI (1892), p. 34; Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 166. — *Urceolaria actinostoma* Pers. apud Ach., Lichgr. Univ. (1810), p. 288; Crombie, Monogr. Brit. Lich., vol. I (1894), p. 518.

An schieferigem Gestein der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

14. **Diploschistes scruposus** (L.) Norm.

An Schiefer bei Neapolis (Sturany).

15. **Diploschistes gypsaceus** (Ach.) A. Zahlbr. in Hedwigia, Bd. XXXI (1892), p. 35.

An Schiefer bei Neapolis (Sturany).

Lecideaceae.

16. **Lecidea atrobrunnea** Schaer., Lich. Helvet. Spicil., sect. III (1828), p. 134; Th. Fries, Lichgr. Scand., vol. I (1874), p. 481; Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 155; Jatta, Sylloge Lich. Italic. (1900), p. 481. — *Rhizocarpon atrobrunneum* Ram. apud DC., Flor. franç., vol. II (1805),

Digitized by Google

p. 367. — *Lecidella atrobrunnea* Körb., Syst. Lich. Germ. (1855), p. 239. — *Psora atrobrunnea* Mass., Ricerch. auton. Lich. (1852), p. 92, Fig. 190.

Exsicc.: Anzi, Lich. Langob., No. 84 *A—B*; Erbar. critt. ital., No. 1081; Rabh., Lich. Europ., No. 439; Zwackh, Lich. exsicc., No. 982.

An Urgestein auf dem Gipfel des Aphendi Christós, 2115 *m* über dem Meere (Sturany).

17. **Lecidea macrocarpa** var. **platycarpa** (Ach.) Th. Fries, Lichgr. Scand., I (1874), p. 505.

An Schiefer bei Neapolis (Sturany).

18. **Lecidea albocoerulescens** (Wulf.) Schaer.

An Schiefer bei Neapolis (Sturany) und ebendaselbst auch die f. **alpina** Schaer.

19. **Lecidea fuscoatra** (L.) Th. Fries.
f. **Mosigii** (Ach.) Nyl., Lich. Scand. (1861), p. 230; Wainio, Adjum., II (1883), p. 77.

An Schieferfelsen der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

20. **Lecidea latypea** Ach., Method. Suppl. (1803), p. 10. — *Lecidea elaeochroma α) latypea* Th. Fries, Lichgr. Scand., I (1874), p. 543.

An Schiefer bei Kristallenia (Sturany).

21. **Lecidea enteroleuca** var. **atrosanguinea** Arn. in Flora, Bd. LXVII (1884), p. 559. — *Biatora goniophila* var. *atrosanguinea* Hepp, Flecht. Europ., Nr. 252 (1857).

An Kalkfelsen im Pinienwald auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

22. **Lecidea parasema** (DC.) Arn.

An *Juglans regia*, Amudhari, im Hochtal Askiphu, Distrikt Sphakia (Dörfler).

Digitized by Google

23. **Lecidea olivacea** (Hoffm.) Arn.

An *Quercus coccifera* auf dem Berg Ida (Dörfler), an Rinden bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

24. **Lecidea (Biatora) fuscorubens** Nyl. in Botanisk. Notis. (1853), p. 153 et in Flora, Bd. XLV (1862), p. 463; Th. Fries, Lichgr. Scand., I (1874), p. 440; Oliv., Exp. Lich. Ouest Franc., vol. II (1900), p. 85. — *Biatora fuscorubens* Arn. in Flora, Bd. LXVII (1884), p. 552.

An Kalksteinen, kleinere Insel Paximadhia (Dörfler).

25. **Lecidea (Psora) decipiens** (Hoffm.) Ach.

Auf dem Erdboden bei Neapolis (Sturany).

var. **galactina** A. Zahlbr. nov. var.

Thallus superne aequaliter lacteo-pulverulentus, madefactus dilute roseus, squamis in margine crebre et leviter crenatis, crenato-dentatis vel eroso-crenatis, subtus albis; medulla alba KHO e luteo aurantiaco-sanguinea. Apothecia albopulverulenta; epithecio rufofusco, KHO olivaceofusco; hypothecio pallide rufescente; sporis 13—17 μ longis et 7—7·5 μ latis.

Lehmiger Erdboden auf der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

Bei var. *dealbata* Mass., Lich. rar. Venet., No. 56! (sub *Psora*) sind die Lagerschuppen nur zum Teil ausgebleicht und die Apothecien nackt; außerdem unterscheidet sich var. *galactina* noch durch die Färbung der Markschichte und des Epitheciums durch Kalilauge.

26. **Catillaria chalybeia** Arn. in Verhandl. zool.-bot. Gesellsch. Wien, Bd. XXX (1880), p. 138 et in Flore, Bd. LXVII (1884), p. 569; Oliv., Exp. Lich. Ouest Franc., vol. II (1901), p. 137. — *Lecidea chalybeia* Borr. in Engl., Botan., Suppl. I (1831), Tab. 2687, f.!

Ad exsicc. adde: Flagey, Lich. Alger. exs. No. 153! Harmand, Lich. Lothar, No. 1142!

An Schiefer bei Neapolis (Sturany).

Digitized by Google

27. **Catillaria lutosa** Mass., Ricerch. auton. Lich. (1852), p. 79, Fig. 159; Flagey, Catal. Lich. Alger. (1896), p. 66 et exsicc. Nr. 151! — *Lecidea lutosa* Mont. apud Schaer., Enum. Lich. Europ. (1850), p. 116 et exs. Nr. 579! Leight., Lich.-Flora Great Brit. edit. 3ª (1879), p. 326; Zwackh, Lich. exsicc., No. 348! — *Biatora lutosa* Hepp, Flecht. Europ., No. 506! — *Buellia lutosa* Anzi in Comment. Soc. crittog. Ital., vol. I (1862), p. 157 et Lich. Langob. exsicc., No. 360! — *Biatorina lutosa* Jatta, Sylloge Lich. Italic. (1900), p. 381.

Auf sandigem Schiefer bei Neapolis (Sturany).

Sporae 11—13 μ longae et 3·5—4·5 μ latae, apicibus rotundatis; conceptacula pycnoconidiorum punctiformia, nigra, perithecio dimidiato, celluloso, pycnoconidiis oblongis, apicibus rotundatis vel fere truncatis, 3·5—4 μ longis et 0·8—1 μ latis.

28. **Catillaria olivacea** (Duf.) A. Zahlbr. in Österr. Bot. Zeitschr. Bd. LI (1901), p. 282 ubi synon.

An Kalkfelsen der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

29. **Rhizocarpon distinctum** Th. Fries, Lichgr. Scand., vol. I (1874), p. 625; Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 165.

An Quarzschieferfelsen bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

30. **Rhizocarpon geographicum** (L.) DC. f. **contiguum** Fw.

An Urgestein bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika und auf dem Gipfel des Aphendi Christós (Sturany).

Cladoniaceae.

31. **Cladonia foliacea** var. **convoluta** (Lam.) Wainio.

Größere Insel Paximadhia, auf dem Erdboden (Dörfler).

Digitized by Google

Collemaceae.

32. **Collema multifidum** var. **marginale** (Huds.) Schaer.; Arn. in Flora, Bd. L (1867), p. 134, Tab. III, Fig. 61—62.

An Kalksteinen auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

Pannariaceae.

33. **Pannaria leucosticta** Tuck.; A. Zahlbr. in Österr. Botan. Zeitschr., Bd. LI (1901), p. 339 ubi syn. — *Pannaria craspedia* Körb., Parerg. Lich. (1859), p. 45; Arn. in Flora, Bd. LXX (1887), p. 184.

Auf der Rinde von *Acer creticum* in der Hochebene Nidha auf dem Ida, zirka 1400 *m* über dem Meere (Dörfler).

Die Flechte wurde von Prof. X. Rieber auch auf der Insel Samos, an Eichen zwischen Vatug und Varlisthe gesammelt; sie ist demnach am nördlichen Gestade des Mittelländischen Meeres weit verbreitet.

Acarosporaceae.

34. **Biatorella (Sarcogyne) simplex** (Dav.) Th. Fries, Lichgr. Scand., I (1874), p. 407; Oliv., Expos. Lich. Ouest France, vol. II (1900), p. 59.

An schieferigem Sandstein in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

35. **Acarospora smaragdula** (Ach.) Körb.

An Urgestein auf dem Gipfel des Aphendi Christós im Lasithigebirge, 2115 *m* über dem Meere (Sturany).

36. **Acarospora percaenoides** Flagey, Catal. Lich. Algérie (1896), p. 53; Oliv., Expos. Lich. Ouest France, vol. II (1897), p. 210; Jatta, Sylloge Lich. Italic. (1900), p. 231 (pr. p.). — *Lecanora castanea* f. *percaenoides* Nyl. in Bull. Soc. Botan. France, tome X (1863), p. 263. — *Lecanora percaenoides* Nyl. apud Wedd. in Bull. Soc. Botan. France, tome XVI (1869), p. 202; Stzbgr., Lich. Helvet. in Bericht.

Digitized by Google

Sct. Gallisch. naturwiss. Gesellsch. (1880/1881), p. 386; Lamy, Lich. Cauter. (1884), p. 60; Crombie, Monogr. Lich. Great-Brit., vol. I (1894), p. 482. — *Acarospora versicolor* Bagl. et Car. in Comment. Soc. Crittog. Ital., vol. I (1864), p. 440.

An Kalksteinen im Pinienwald auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

Pertusariaceae.

37. **Pertusaria communis** DC.
f. **meridionalis** A. Zahlbr. nov. f.

Thallus albidus vel flavido-albidus, verrucae apotheciigerae majores ut in planta typica, magis confluentes et hymenia plura (usque 20) includentes.

An Pinienstämmen auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

Dieser Form entsprechende Exemplare sah ich auch aus Südfrankreich, Dalmatien und Algier.

Lecanoraceae.

38. **Lecanora atra** (Huds.) Ach.

An Kalksteinen auf dem Berge Stavrós bei Neapolis, 840 *m* über dem Meere, an Hornsteineinschlüssen auf der Paßhöhe Bebona bei Kavusi, an Quarzschiefer bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika und an Kalkfelsen im Pinienwald auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany); an Schiefer auf der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

39. **Lecanora subfusca** var. **chlarona** Ach.

An *Juglans regia* im Hochtal Askipha bei Amudhari (Dörfler); an Baumrinden bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

40. **Lecanora glaucoma** (DC.) Ach.

An Urgestein auf dem Gipfel des Aphendis Christós im Lasithigebirge, 2115 *m* über dem Meere (Sturany).

Digitized by Google

41. **Lecanora sulphurata** Nyl. in Flora, Bd. LVI (1873), p. 69; Hue, Addend. Lichgr. Europ. (1886), p. 89; Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. der Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CII (1893), p. 153, Tab. I, Fig. 1 et Tab. III, Fig. *a*; Hue in Bullet. Soc. Botan. France, tome XLVI, sess. extraord. (1899), 1905, p. LXXIX. — *Lecanora glaucoma* β) *sulphurata* Ach., Synops. Lich. (1814), p. 166; Th. Fries, Lichgr. Scand., vol. I (1870), p. 247.

An Urgestein bei Kristallenia und auf dem Gipfel des Aphendi Christós, 2115 *m* über dem Meere (Sturany).

42. **Lecanora Agardhiana** var. **pacnodes** Arn. in Flora, Bd. LXVII (1884), p. 330. — *Lecanora Agardhinoides* var. *pacnodes* Mass., Symmict. Lich. (1855), p. 19; Anzi, Lich. Venet. exs. No. 35! — *Lecanora Agardhinoides* var. *cilophthalma* Mass., l. c., p. 18; Anzi, Lich. Venet. exs. No. 34!

Ad exsicc. adde: Anzi, Lich. Venet. exs. No. 50 (sub *Aspicilia coerulea*) et Anzi, Lich. Ital. min. rar. No. 172*a*.

Conceptacula pycnoconidiorum punctiformia, nigra; perithecio dimidiato, sub lente coerulescente, subcelluloso, NO_5 violascente; fulcris exobasidialibus; basidiis fere fasciculatis, subcylindricis, pycnoconidiis longioribus; pycnoconidiis filiformibus, arcuatis vel curvatis, rarius hamatis, 10—13 μ longis et 0·5 μ crassis.

An Kalkfelsen auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes; ebenfalls an Kalk bei Neapolis (Sturany).

43. **Lecanora crenulata** (Dicks.) Nyl.

An Kalksteinen im Pinienwald auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

f. **dispersa** (Flk.) Arn. in Flora, Bd. LXVII (1884), p. 330.

An Schiefer und an Kalk bei Neapolis (Sturany).

Digitized by Google

44. **Lecanora sulphurea** (Hoffm.) Ach., Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 137; A. Zahlbr. in Annal. naturhist. Hofmus. Wien, Bd. XIX (1904), p. 417 ubi syn.

An schieferigem Gestein auf der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler); an Quarzschiefer bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

45. **Lecanora (Aspicilia) cinerea** (L.) Sommrft.

An Sandstein bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

46. **Lecanora (Aspicilia) intermutans** Nyl. in Flora, Bd. LV (1872), p. 354 et 429; Hue, Addend. Lichgr. Europ. (1886), p. 105; Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 141; Lojka, Lich. exsicc. Hung. No. 168.

An Quarzschiefer bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

f. **reticulata** Nyl. in Flora, Bd. LXIX (1886), p. 466; Stnr., l. c., p. 142. — *Aspicilia reticulata* Rehm apud Arn. in Verhandl. zool.-bot. Gesellsch. Wien, Bd. XIX (1869), p. 610 (nomen solum). — *Aspicilia intermutans* f. *reticulata* Arn. in Verhandl. zool.-bot. Gesellsch. Wien, Bd. XXXVII (1887), p. 98.

Mit der Stammform.

47. **Lecanora (Aspicilia) calcarea** (L.) var. **concreta** Schaer.

An Kalksteinen bei Neapolis und bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

48. **Lecanora (Aspicilia) farinosa** (Flk.) Nyl. in Flora, Bd. LXXI (1878), p. 248; Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. LVII (1898), p. 141.

Auf mergeligem Kalk bei Kristallenia und an Kalksteinen bei Neapolis (Sturany).

Digitized by Google

49. **Lecanora (Aspicilia) viridescens** Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 140; A. Zahlbr. in Österr. Botan. Zeitschr., Bd. LI (1901), p. 342. — *Pachyospora viridescens* Mass., Ricerch. auton. lich. (1852), p. 45, Fig. 80.

Auf mergeligem Kalk bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

50. **Lecanora (Aspicilia) olivacea** Stnr. apud Halácsy in Denkschr. kais. Akad. Wiss. Wien, Bd. LXI (1894), p. 526. — *Aspicilia olivacea* Bagl. et Car. in Comment. Soc. Crittog. Ital., vol. I, No. 4 (1863), p. 441 et Anacris. Lich. Vals. in Atti Soc. Crittog. Ital., Anno XIII, diap. 2 (1880), p. 225, Tab. II, Fig. 24. — *Lecanora cupreoatra* Nyl. in Flora, Bd. XLIX (1866), p. 417, et Bd. LV (1872), p. 299; Th. Fries, Lichgr. Scand., vol. I (1871), p. 286; Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 145; Jatta, Sylloge Lich. Italic. (1900); p. 217. — *Aspicilia cerinocuprea* Arn. in Verhandl. zool.-bot. Gesellsch. Wien, Bd. XXVI (1876), p. 357. Exsicc.: Arn., Lich. exsicc., No. 354!, 1114!; Flora exs. Austr.-Hung., No. 751! Lojka, Lich. regn. Hung. exs., No. 44!

Auf Urgestein auf dem Gipfel des Aphendi Christós im Lasithigebirge, 2115 *m* über dem Meer und an Schiefer bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

51. **Lecanora (Placodium) sulphurella** A. Zahlbr. in Österr. Bot. Zeitschr., Bd. LI (1901), p. 342, et Bd. LIII (1903), p. 244. — *Placodium sulphurellum* Körb.! in Verhandl. zool.-botan. Gesellsch. Wien, Bd. XVII (1867), Abh. p. 703.

An Kalkfelsen bei Neapolis (Sturany).

52. **Lecanora (Placodium) subcircincta** Nyl.; Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 132.

An Schiefer bei Neapolis und an Kalk bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

Digitized by Google

53. **Lecanora (Placodium) saxicola** Ach.

An Hornsteinauflagerungen auf dem Gipfel des Aphendi Christós im Lasithigebirge, 2115 *m* über dem Meere (Sturany).

f. **areolata** Leight. apud Stzbgr., Lich. Helvet. in Bericht. Sct. Gallisch. naturwiss. Gesellsch. (1880/1881), p. 342; Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 131. Exsicc.: Flagey, Lich. Alger., No. 44 (specim. super. in herb. Palat. Vindob.).

An Quarzschiefer bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

var. **diffracta** Ach.

An Urgestein auf dem Gipfel des Aphendi Christós und an schieferigem Sandstein bei Kristallenia (Sturany).

var. **versicolor** (Pers.) Ach.

An Kalksteinen im Pinienwald auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes und ebenfalls an Kalk bei Neapolis (Sturany).

var. **albopulverulenta** Schaer.

An Kalkfelsen bei Neapolis (Sturany).

54. **Lecanora (Placodium) crassa** (Huds.) Ach.

Auf kalkhaltiger Erde bei Neapolis, bei Chalepa nächst Canea, bei Kristallenia und im Pinienwald auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

55. **Lecanora (Fulgensia) fulgens** (Sw.) Nyl.

Auf lehmiger Erde auf der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

56. **Lecanora (Fulgensia) bracteata** (Hoffm.) Ach.

Auf dem Erdboden bei Neapolis (Sturany).

Digitized by Google

57. **Ochrolechia tartarea** (L.) Mass., Darbish. in Engler's Botan. Jahrb., Bd. XXII (1897), p. 616, Fig. 10.

An *Quercus coccifera* auf dem Berge Ida (Dörfler), an Pinienstämmen auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

58. **Ochrolechia parella** (L.) Mass., Darbish., l. s. c., p. 618.

An Schieferfelsen bei Neapolis (Sturany).

59. **Candellariella vitellina** (Ach.) Müll. Arg. in Bullet. Herb. Boiss., vol. II (1894), Appendix, p. 47.

An Sandstein bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika und an Urgestein auf dem Gipfel des Aphendi Christós, 2115 *m* über dem Meere (Sturany).

60. **Placolecania candicans** (Dicks.) A. Zahlbr.

Auf Kalksteinen der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

Die Gattung **Placolecania** (Stnr.) A. Zahlbr. umfaßt die früher bei *Ricasolia* Mass.[1] non DNotrs.[2] untergebrachten Arten. Die Beziehungen dieser Gattung zu *Lecania* sind nahe, so daß sie vielfach nur als eine Sektion derselben, mit am Rande blattartig effiguriertem Lager, als ein Analogon der Sektion *Placodium* der Gattung *Lecanora* angesehen wurde. Die Verhältnisse des Lagers würden in der Tat zur Abtrennung als eigene Gattung nicht genügen. Was mich veranlaßt, *Placolecania* als selbständiges Genus aufzufassen, ist der Bau des pyknokonidialen Apparates, welcher durch seine endobasidialen Fulkren von den exobasidialen Fulkren der Gattung *Lecania* wesentlich abweicht. Bei der Bearbeitung der Flechten für Engler und Prantl's »Natürliche Pflanzenfamilien« ist es mir klar geworden, daß die endobasidialen Fulkren, als die phylogenetisch höheren Stufen, stets auf eine höhere Entwicklungsstufe der Flechtengattung hinweisen und daß die generische Trennung thallodisch verwandter, doch in der Regel

[1] Mass., Memor. Lichenogr. (1853), p. 47.

[2] DNotrs. in Giorn. Botan. Italian., vol. I (1846), p. 178.

Digitized by Google

sich nicht völlig deckender Artengruppen mit verschiedenen Fulkren gerechtfertigt ist. Von diesem Standpunkt aus betrachte ich die Trennung der Gattung *Dichodium* von *Physma*, *Parmeliopsis* von *Parmelia* u. A. als notwendig und das in dem pyknokonidialen Apparat gelegene Merkmal dieser schon vielfach abgetrennten Gattungen zur scharfen Umgrenzung geeignet. Offenbar wegen ihrer endobasidialen Fulkren wurde die Gattung auch mehrfach mit *Caloplaca* sensu Th. Fries in Beziehung gebracht und zu den Theloschistaceen gestellt (so bei Anzi, Crombie u. A.); die Art der Sporenseptierung bei *Placolecania* widerspricht indes dieser Anschauung und ich erachte ihre Einreihung bei den Lecanoraceen als natürlicher.

Zur Nomenklatur dieser Gattung sei bemerkt, daß der von Steiner[1] kreierte Sektionsnamen zum Gattungsnamen zu erheben ist, da *Ricasolia* Mass. wegen der gleichnamigen älteren Gattungsbenennung durch De Notaris nicht verwendet werden darf. Als Synonym wird hiezu *Diphratora* Ricasolina* Jatta[2] zu ziehen sein, indes nur zum Teile, da die von ihm in dieser Sektion untergebrachte *Diphratora olivacea* (Duf.) Bagl. entschieden zur Gattung *Catillaria*[3] gehört.

61. **Placolecania Cesatii** A. Zahlbr. — *Ricasolia Cesatii* Mass., Memor. Lichgr. (1853), p. 47, Fig. 46. — *Gyalolechia candicans* var. *Cesatii* Anzi, Lich. Langob. exsicc., No. 447! — *Lecanora candicans* β) *Cesatii* Nyl. apud Crombie in Grevillea, vol. XVIII (1889), p. 46, et Crombie, Monogr. Lich. Brit., vol. I (1894), p. 390.

Fulcris subsimplicibus vel parce ramosis, subindistincte septatis, endobasidialibus, pycnoconidiis oblongis, subacutis, 2·5 μ longis et ad 1 μ latis. Conceptacula pycnoconidiorum immersa, vertice punctiformi nigricante.

---

[1] Steiner in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CV (1896), p. 439.

[2] Sylloge Lichen. Italic. (1900), p. 262.

[3] Cfr. Zahlbruckner in Engl.-Prantl, Natürl. Pflanzenfamil., Bd. I, 1*, p. 134.

Digitized by Google

Auf lehmigem Erdboden und eingestreuten Kalksteinen auf der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler), an Kalkfelsen bei Neapolis und auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

Parmeliaceae.

62. **Parmelia acetabulum** (Neck.) Duby.

An *Acer creticum* auf der Hochebene Nidha am Ida, zirka 1400 *m* über dem Meere, fruchtend (Dörfler); an Pinienstämmen auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes fruchtend (Sturany).

63. **Parmelia prolixa** (Ach.) Nyl.

An Urgestein bei Kristallenia fruchtend (Sturany).

64. **Parmelia glabra** Schaer.

An *Acer creticum* auf der Hochebene Nidha am Ida, zirka 1400 *m* über dem Meere, fruchtend (Dörfler).

65. **Parmelia scortea** Ach.; Crombie, Monogr. Lich. Brit., vol. I (1894), p. 240.

An Pinienstämmen auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

66. **Parmelia furfuracea** var. **olivetorina** A. Zahlbr. — *Evernia olivetorina* Zopf in Beiblatt zum Botan. Zentralblatt, Bd. XIV (1903), p. 110, Taf. IV. — *Pseudoevernia olivetorina* Zopf, l. s. c., p. 125.

An *Quercus coccifera* auf dem Berge Ida, steril (Dörfler).

67. **Evernia prunastri** (L.) Ach.

An *Quercus coccifera* auf dem Berge Ida, steril (Dörfler).

Theloschistaceae.

68. **Blastenia cretensis** A. Zahlbr. nov. spec.

Thallus fere omnino endolithicus, extus macula effusa, continua, plumbeo-cinerascenti et opaca indicatus, in margine

Digitized by Google

linea obscuriore non cinctus; gonidiis palmellaceis, 9—11 μ latis. Apothecia sessilia, minuta, 0·2—0·3 *mm* lata, rotunda, e plano demum modice convexo; disco primum plano et rufescenti-fusco, mox fusco nigricante, opaco, nudo; margine proprio tenuissimo, nigro, integro, demum depresso; excipulo molli, extus (in sectione) nigricante, minute celluloso, intus decolore, ex hyphis sat dense contextis formato; hymenio dilute kermesino-rufescente, usque 90 μ alto, J coeruleo, in parte superiore fuscescente et KHO solutionem violaceo-kermesinam effundente; hypothecio pallido; paraphysibus simplicibus, strictiusculis, apice haud dilatatis, eseptatis; ascis oblongo-clavatis, hymenio subaequilongis, 8sporis; sporis decoloribus, polari-diblastis, late ellipsoideis vel ellipsoideis, apice angustato-rotundatis, isthmo lato, membrana tenui cinctis, 9—13 μ longis et 5—7 μ latis. Pycnoconidia non visa.

An Kalkfelsen auf der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

Durch den Habitus und das gefärbte Hymenium ist die Art gut gekennzeichnet.

69. **Caloplaca (Pyrenodesmia) Agardhiana** (Mass.) Flag.

f. **minuta** Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 126. — *Caloplaca intercedens* f. *minuta* Stnr. in Denkschr. kais. Akad. Wiss. Wien, Bd. XLI (1894), p. 319.

An Kalkfelsen auf dem Stavós bei Neapolis, 840 *m* über dem Meere (Sturany).

f. **albomarginata** Stnr., l. s. c., p. 126.

An Kalkfelsen auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

70. **Caloplaca (Pyrenodesmia) chalybeia** (E. Fries) Müll. Arg.; Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 124.

An Kalkfelsen im Pinienwald auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes, ferner auf der Paßhöhe Bebona bei Kavasi (Sturany).

Digitized by Google

71. **Caloplaca cerina** (Ehrh.) Th. Fries.

An *Acer creticum* auf der Hochebene Nidha am Ida, zirka 1400 *m* über dem Meere (Dörfler).

72. **Caloplaca aurantiaca** var. **diffracta** (Mass.) Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 123.

An Kalkfelsen im Pinienwald auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

73. **Caloplaca pyracea** (Ach.) Th. Fries.

An Schieferfelsen bei Neapolis (Sturany).

f. **pyrithroma** (Ach.) A. Zahlbr. in Österr. Botan. Zeitschr., Bd. LIII (1903), p. 289.

An mergeligen Kalkfelsen der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

74. **Caloplaca lactea** (Mass.) A. Zahlbr. in Österr. Botan. Zeitschr., Bd. LI (1901), p. 347.

An Kalksteinen im Pinienwald auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

75. **Caloplaca arenaria** var. **Lallavei** (Clem.) A. Zahlbr. — *Blastenia Lallavei* Körb., Parerg. Lich. (1860), p. 126; Arn. in Flora, Bd. LXX (1887), p. 150.

An Kalkfelsen auf der Paßhöhe Bebona bei Kavasi und an Schiefer bei Neapolis (Sturany).

76. **Caloplaca ferruginea** (Huds.) Th. Fries.

In der f. *saxicola* an Schiefer bei Neapolis (Sturany).

77. **Caloplaca (Gasparrinia) callopisma** (Ach.) Th. Fries.

An Kalkfelsen bei Neapolis auf dem Berge Stavós, zirka 840 *m* über dem Meere, bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika und auf der Paßhöhe Bebona bei Kavasi (Sturany).

Digitized by Google

78. **Caloplaca (Gasparrinia) sympagea** (Ach.) A. Zahlbr.

An Kalksteinen bei Neapolis (Sturany).

79. **Caloplaca (Gasparrinia) murorum** (Ach.) Th. Fries.

An Kalksteinen bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

80. **Xanthoria parietina** (L.) Th. Fries.

An Rinden bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

var. **retirugosa** Stnr. apud A. Zahlbr. in Österr. Botan. Zeitschr., Bd. LIII (1903), p. 333.

An Kalkfelsen der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

Buelliaceae.

81. **Buellia (Diplotomma) alboatra** (Hoffm.) Th. Fries.

var. **subochracea** A. Zahlbr. nov. var.

A var. *ambigua* (Ach.) Th. Fries differt areolis thalli scabridis, subpulverulentis (non laevibus), ochraceo-cinerascentibus, apotheciis nudis, hypothecio fuscescente, hymenio J violaceo.

An schieferigem Gestein der kleineren Insel Paximadhia (Dörfler).

82. **Buellia (Diplotomma) epipolia** (Ach.) Oliv., Exp. Lich. Ouest France, vol. II (1901), p. 158.

An Kalk bei Neapolis und im Pinienwald auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

83. **Rinodina immersa** (Körb.)

Conceptacula pycnoconidiorum semiemersa, minuta, nigra, nitida; perithecio dimidiato, haud celluloso, fusco-nigricante, NO_5 fusco; fulcris endobasidialibus, ramosis, articulatis, cellulis subrotundatis; pycnoconidiis oblongis vel oblongo-subbacillaribus, rectis, apicibus rotundatis, 3·5—4 μ longis et ad 1 μ latis.

An Kalkfelsen bei Neapolis (Sturany).

Digitized by Google

84. **Rinodina demissa** (Hepp) Arn. in Flora, Bd. LV (1872), p. 34 et Bd. LXX (1887), p. 163.

An Kalksteinen bei Kristallenia in der Hochebene Lasithiotika (Sturany).

85. **Physcia stellaris** var. **leptalea** Nyl., Synops. Lich., vol. I (1860), p. 425; Crombie, Monogr. Lich. Brit., vol. I (1894), p. 311; A. Zahlbr. in Österr. Botan. Zeitschr., Bd. LIII (1903), p. 334. — *Lichen leptaleus* Ach., Lichgr. Suec. Prodr. (1798), p. 108. — *Parmelia leptalea* Arn. in Flora, Bd. LXVII (1884), p. 168.

An *Acer creticum* auf der Hochebene Nidha am Ida, zirka 1400 *m* über dem Meere (Dörfler). Die Randrhizinen des gesammelten Stückes sind dunkel, fast schwarz.

86. **Physcia pulverulenta** (Schreb.) Nyl. f. **argyphaea** (Ach.) Nyl.

An *Acer creticum* auf der Hochebene Nidha am Ida, zirka 1400 *m* über dem Meere (Dörfler).

var. **subvenusta** Nyl. in Bull. Soc. Linn. Normandie, 2e série, vol. VI (1872), p. 285; Crombie, Monogr. Lich. Brit., vol. I (1894), p. 307; Stnr. in Sitzungsber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CVII (1898), p. 115.

An Pinienstämmen auf der Paßhöhe zwischen Kátharos und Mallaes (Sturany).

Von der typischen Varietät durch schmälere, etwa 1 *mm* breite, tiefer geteilte und mehr auseinanderstehende Lagerlappen verschieden.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Probleme der Geomorphologie am Rande von Trockengebieten

von

Dr. **A. Grund** (Wien).

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. März 1906.)

Die Scheidung der Landoberfläche in zwei Gebiete, in ein größeres, das zum Meere entwässert, und in ein kleineres, in mehrere einzelne Teile zerfallendes, das gegen das Meer abflußlos ist, ist eine der Hauptteilungen, welche die Lehre vom Wasserhaushalt der Landoberfläche vornimmt.

Dieser großen hydrographischen Zweiteilung kommt aber nicht auch morphologische Bedeutung zu. Die morphologische Grenze muß vielmehr anders gezogen werden, denn große abflußlose Gebiete, die sich in ihren Landschaftsformen in gar nichts von den zum Meere entwässernden unterscheiden, fallen nur deshalb in die hydrographische Scheidelinie, weil die von ihnen ausgehenden Ströme in abflußlosen Becken enden. Deshalb besitzen die Randgebiete abflußloser Gebiete häufig dieselbe Morphologie wie das marine Einzugsgebiet. Ein großes Beispiel für diese Tatsache ist das abflußlose Wolgagebiet, das erst im unteren Teil morphologisch anders erscheint. Obwohl andrerseits der Nil das Meer erreicht, hat Ägypten gleichwohl die Landschaftsformen der Wüste und an dieser Tatsache würde sich nichts ändern, wenn der Nil das Meer nicht erreichte. Die Geomorphologie unterscheidet deshalb nicht zwischen marinem und abflußlosem Gebiete, sondern zwischen feuchtem und trockenem Gebiete.

Es erhebt sich nun da die Frage, wo die Grenze beider zu ziehen sei und ob diese Grenze sich überhaupt scharf ziehen läßt; denn die Zunahme der Trockenheit gegen das Trockengebiet erfolgt ja allmählich, nicht sprungweise. Das

Digitized by Google

Trockengebiet ist daher vorläufig nur relativ zu definieren als das Gebiet der Regenarmut, wo theoretisch die Formen des fließenden Wassers im Landschaftsbild allmählich zurücktreten müßten.

Aber auch die Vorstellung, daß die inneren Teile der Trockengebiete sich deshalb von den feuchten Gebieten durch vollkommen verschiedenen Formenschatz unterscheiden, wo die Modellierung durch das fließende Wasser ersetzt wird durch das äolisch geschaffene Relief, ist nicht aufrecht zu erhalten. Die zunehmende Erforschung der Trockengebiete zeigt, daß der Formenschatz der Erdoberfläche, soweit die großen Züge des Wechsels von Hoch und Nieder, Berg und Tal in Betracht kommen, auch dort zum überwiegenden Teil durch das rinnende Wasser geschaffen wurde. Man muß es daher als morphologisches Problem künftiger Untersuchungen bezeichnen, endgültig festzustellen, inwieweit die äolische Denudation in Trockengebieten formgebend wirkt. Walther,[1] der der äolischen Denudation als Deflation wohl die größte Wirksamkeit zuschreibt, läßt gleichwohl die Wadis der Wüste durch das rinnende Wasser allerdings rezenter Regengüsse entstehen und schreibt der Windwirkung nur die Verbreiterung, Verbindung und Ausmodellierung der Wadis zu. Nach meinen Beobachtungen im Saharaatlas möchte ich diese Wirksamkeit einschränken auf die Ausmodellierung von morphologischen Detailformen niederster Ordnung, daß dagegen die großen Züge, der Wechsel von Hoch und Nieder, Berg und Tal tektonisch oder fluviatil geschaffen wurden.

Hat sich so die Anschauung, daß auch in den Trockengebieten das rinnende Wasser die Landoberfläche gestaltet hat, immer mehr Bahn gebrochen, so stehen wir jetzt als Folge dieser Anschauung vor der weiteren Frage, wie alt der Formenschatz der Trockengebiete ist. Man kann fragen, ob die Formen das Werk der geologischen Gegenwart sind und ob die spärlichen Regenmengen, die heute fallen, im stande sind, die großen Züge in der Landschaft zu erzeugen. Manche Beobachter haben diese Möglichkeit zugegeben angesichts der

[1] Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung, p. 41 bis 43 und 62.

Digitized by Google

vehement erosiven Wirksamkeit solcher seltener Regenfälle auf vegetationsarmes Land. Besonders Walther[1] bekämpft die pleistozäne Pluvialperiode und will die Oberflächenformen der Wüste nur aus den Verhältnissen der Gegenwart erklärt wissen. Er schaltet ein wüstenfremdes Klima für die Entstehung der Wadis gänzlich aus und erklärt sie durch die seltenen wolkenbruchartigen Regengüsse der Gegenwart. Ich selbst konnte die Wirkung eines solchen Vorganges beobachten gelegentlich eines Aufenthaltes in Tripolis in Nordafrika, der anfangs April 1904 kurz nach der großen Frühjahrsüberschwemmung des Jahres 1904 fiel. Damals waren stärkere Regengüsse in der Umgebung von Tripolis niedergegangen. Die Umgebung der Stadt ist äolisches Akkumulationsgebiet, bestehend aus Wüstenstaub und Flugsand. In dieser für Wasserabfluß nicht eingerichteten Landschaft sammelte sich das Wasser in den Mulden zwischen den Flugsanddünen und brach sich sodann einen Weg zum Meere. Es nahm seinen Weg durch die Haine von Dattelpalmen, welche die Stadt im Süden und Osten umgeben, direkt auf die Stadt zu und bahnte sich einen Kanal mitten durch die südöstliche Vorstadt derselben, wobei es eine Menge allerdings leicht zerstörbarer Lufttziegelhäuser einriß. Das Wasser schuf einen ungefähr 10 *m* breiten und 1 *m* tiefen Kanal und eine 1 *m* hohe Wassermarke an den Gebäuden neben dem Kanale bezeugte, daß noch viel größere Wassermassen, als der Kanal fassen konnte, durchgeströmt waren. Noch zur Zeit meines Aufenthaltes sah man in der Wüste südlich der Stadt die einschrumpfenden Regenlachen umgeben von dem polygonal zersprungenen Schlammboden.

Wir hätten hier einen Beweis für eine ganz ansehnliche Erosionsleistung der Gegenwart, die das Werk einiger Tage war, aber man muß doch zugeben, daß dem Wasser die Arbeit durch das sehr weiche Material außerordentlich erleichtert war. Und alle Schilderungen ähnlicher Erosionsleistungen betreffen fast stets nur solche Wirkungen in lockerem Boden.[2] Deshalb

[1] Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung, p. 32, 33 und 62.

[2] Auch die Beispiele von Erosionswirkungen, die Walther (Gesetz der Wüstenbildung, p. 12, 13, 101 und 107) bringt, betreffen nur lockeres Schuttmaterial.

Digitized by Google

hat sich wohl die Mehrzahl der Beobachter für die Auffassung ausgesprochen, daß die fluviatilen Erosionsformen von Trockengebieten zum überwiegenden Teil das Werk einer günstigeren hydrographischen Vergangenheit sind.[1]

Ich möchte nun im folgenden einige Beobachtungen vorbringen, welche geeignet sind, die Morphologie und den Entwicklungsgang der Trockengebiete näher zu erläutern. Sie entstammen einer Reise nach Nordafrika, welche mich mehrfach das Trockengebiet betreten ließ.

Das Problem der Wasserscheide am Rande von Trockengebieten betrifft den besonderen Fall, wo die hydrographische Grenze des abflußlosen Gebietes der morphologischen Grenze eines Trockengebietes nahekommt, denn dort, wo die Wasserscheide eines abflußlosen Gebietes weit außerhalb im feuchten Gebiet verläuft, hat die Wasserscheide die normalen morphologischen Züge des feuchten Gebietes, im ersteren Fall dagegen die des Trockengebietes. Die Wasserscheide erheischt in diesem Falle eine Betrachtung in Hinsicht darauf, wie sie beschaffen und wie sie zu stande gekommen ist, ferner ob sie stabil geblieben ist.

Auf der Reise von Philippeville über Constantine nach Biskra quer durch den Atlas überschreitet man die Wasserscheide zwischen dem Mittelmeer und dem abflußlosen Gebiet Nordafrikas südlich von Aïne M'lila.[2] Die Fahrt quer durch das Gebirge zeigt in außerordentlich klarer Weise die Art, wie die Vegetationszonen Nordafrikas einander ablösen, da sie sich hier im Gebirge auf verhältnismäßig schmale Streifen zusammendrängen. Bei Philippeville bedecken mediterrane Waldbäume die Höhen der Berge. Aber diese Zone des Tell endet schon wenige Kilometer von der Küste. Südlich davon findet

---

[1] Walther bekämpft diese Ansicht (ebenda p. 32, 33, 44), kann aber als Wirkung der rezenten Wasserwirkung doch nur erweisen, daß das rinnende Wasser den Schutt der Gehänge und des Talbodens des Wadi eine kurze Strecke weit fortbewegt. Aber ein solcher Vorgang hat doch das Dasein des Wadi schon zur Voraussetzung.

[2] Die Schreibung der im folgenden gebrauchten nordafrikanischen Namen ist die französische, die ich den offiziellen französischen Karten (besonders der Carte d'Algérie, 1 : 200.000) entnehme.

Digitized by Google

man nur auf der Nordseite höherer Berge Wald- und Gestrüppinseln der Tellvegetation. Bäume treten weiterhin nur mehr als Auenwälder in den Flußtälern auf, während die Höhen der Berge, mit Ausnahme der eben erwähnten Tellinseln, baumlos sind. Die Tellinseln sprechen, falls man sie nicht sämtlich durch äolische Samenverfrachtung erklären will, dafür, daß einst der ganze Atlas Waldland war und daß erst die rezente Klimaverschlechterung die Auswahl der Tellinseln bewirkte. Man kann sie daher in bedingter Form, zusammengehalten mit der südosteuropäischen Vegetationsschichtung, als einen Beweis der postglazialen Klimaveränderung im Atlasgebiete ansehen.

Je mehr nach Süden, desto schütterer werden die Auenwälder und südlich von Constantine begleiten nur mehr einzelne Bäume und Baumgruppen den Flußlauf des Oued bou Merzoug, eines Zuflusses des Rummel, in welchem von Constantine ab die Bahn nach Süden führt. Der Talboden des Flusses ist eben die einzige dauernd feuchte Stelle, wo Bäume gedeihen können. Hinter El Guerra sah ich die letzten Bäume. Das oberste Talstück des Oued bou Merzoug ist baumlos, die Grassteppe ist ins Tal hinabgestiegen und hat die Bäume abgelöst, sie beginnt bereits die Berge der herannahenden Wüste zu räumen, denn das Vegetationskleid derselben wird immer spärlicher und der nackte Kalkfels tritt immer mehr zu Tage. Von Constantine bis El Guerra behält die Gegend jedoch die reinen Formen einer vom rinnenden Wasser ausgestalteten Tallandschaft, Wasserrisse zerfurchen reichlich die Bergflanken, der Denudationsschutt wird aus dem Lande geschafft, überall herrscht gleichsinnige Böschung. Nur die Baumlosigkeit der Berghöhen belehrt, daß man im Bereich der Steppe ist, und zwar einer Steppe, die noch zum Meere entwässert wird.

Bezeichnend für sie ist, daß sie noch die morphologischen Formen eines feuchten Gebietes besitzt, sie aber kombiniert mit der Erscheinung, daß sie nur mehr längs der Flußläufe noch Bäume aufweist, daß somit in der Vegetation bereits die Trockenform, die Grassteppe, vorherrscht. Die Vegetation reagiert früher auf die Regenarmut als die Formen der Landoberfläche; würde man die Vegetation allein als ausschlag-

Digitized by Google

gebend betrachten, so müßte man auch die zum Meere entwässerte Steppe bereits zu den Trockengebieten der Erde rechnen. Kombiniert man aber die Vegetation mit den morphologischen Formen, so erhält das humide Element der Flußauenwälder durch diese eine solche Verstärkung, daß man die zum Meere entwässernde Steppe noch zum feuchten Gebiet rechnen darf. Ich meine daher, mich für letztere Auffassung entscheiden zu sollen.

Betrachtet man nun das Flußtal unterhalb der Vereinigung des Oued bou Merzoug mit dem Rummel, so gewinnt dieses, je mehr man abwärts geht, immer jugendlicheren Charakter. Bei Constantine und unterhalb Aïne el Kerma folgen die wilden Schluchten des Rummel, wo der Fluß in schmaler Erosionsrinne Kalkketten durchbricht. Beträchtliche Gefällsknicke beweisen hier die Jugend der Talbildung. Bei Constantine fällt der Fluß auf einer Strecke von $3^1/_2$ *km* um 117 *m* und bildet beim Austritt aus den Höhlen eine 60 *m* hohe Kaskade. Die Schlucht le Kreneg unterhalb Aïne el Kerma hat bei 4 *km* Länge ein Gefälle von 80 *m*, während oberhalb der Schlucht bis zur Kaskade von Constantine bei einer Länge von 20 *km* nur 110 *m* Fall herrscht. Kleinere Gefällsknicke treten auch unterhalb noch auf. Die Felsbildung dieser Schluchten des Rummel reicht aber nur bis zu gewisser Höhe empor und beweist dadurch, daß die Schluchten nur die Ergebnisse einer jugendlichen Talvertiefung im alten Tale als Folge einer Neubelebung der Erosion sind. Dies kann man besonders in der Schlucht des Rummel bei Constantine sehen, wo der Fluß bei der Brücke El Kantara in Höhlen eintritt, während ein alter Talboden, der an mehreren Stellen durch Deckeneinstürze der Höhlen unterbrochen ist, sich über den Höhlen fortsetzt. Es müssen daher im Unterlauf des Rummel und des Oued el Kebir, dem er zufließt, jugendliche Tieferlegungen der Erosionsbasis stattgefunden haben.

Diese Erscheinung kehrt noch an anderen Flußtälern der nordafrikanischen Küste, und zwar stets in deren Unterlauf wieder. Ich verweise auf die jugendlichen Schluchten der Chiffa, des Isser und des Oued Agrioun u. a. Sie stehen wohl

Digitized by Google

mit den jugendlichen Hebungserscheinungen der algerischen Küste im Zusammenhange, die unter anderem auch durch die gehobene junge Strandablagerung am Kap de Garde bei Bône dargetan wird, wo rezente marine Fossilien mit der Strandablagerung 25 *m* hoch gehoben wurden.[1]

Oberhalb Constantine nimmt das Tal des Oued bou Merzoug ebenso wie das des Rummel morphologisch alten Charakter an. Gefällsknicke fehlen. Nirgends schneidet der Fluß anstehendes Gestein an. Er pendelt vielgewunden auf dem Talboden umher, der für die kleine Wasserader zu breit ist. Das Tal steigt sanft an. Je mehr man sich hinter El Guerra den Quellen des Oued bou Merzoug nähert, desto breiter wird das Tal und desto mehr treten die Talgehänge auseinander. Immer ebener wird das Land, die Berge ragen zum Schlusse nur mehr inselartig aus der hochliegenden Ebene auf. Ohne daß man es merkt, überschreitet man in dieser ebenen Landschaft in 775 *m* Höhe die Wasserscheide und befindet sich im Gebiet der westlichen constantinischen Chotts. Diese Wasserscheide stellt aber gar nicht den höchsten Teil einer Bodenwelle dar, von dem sich beiderseits das Land senkt, sondern sie liegt mitten auf der geneigten Fläche eines Schuttkegels, den der von Südost kommende Kerchabach aufschüttet und auf welchem dieser sowie der zeitweise Ausfluß des Salzsees Sebkret ez Zmoul bei Hochstand versiegt, während am Nordende des Schuttkegels in 772 bis 775 *m* Höhe die Quellen des Oued bou Merzoug entspringen.

Das Bezeichnende der Chottlandschaft ist das inselartige Aufragen der Berge aus ebenen Flächen. Diese letzteren liegen flach muldenförmig zwischen den Inselbergen eingebettet. In

---

[1] Mit solchen Hebungen stehen wohl auch die Terrassen des Isser (de Lamothe, Étude comparée des systèmes de terrasses des vallées de l'Isser, de la Moselle, du Rhin et du Rhône, Bulletin de la soc. géol. de France, IV, sér. I, 1901) in Beziehung. Auch die Felsbildung der Schluchten des Isser bei Palestro hat eine obere Grenze innerhalb des Tales und beweist dadurch eine jugendliche Talvertiefung. Gehobene junge marine Strandbildungen sind an der Atlasküste Nordafrikas schon längere Zeit bekannt (siehe Blanckenhorn, Die geognostischen Verhältnisse von Afrika. Ergänzungsheft Nr. 90 zu Petermann's Mitteilungen, p. 42 bis 46).

Digitized by Google

der Muldenmitte liegen als flache Becken die Salzseen der Chotts. Diese Ebenen sind Aufschüttungsebenen. Sie bestehen aus Schutt von meist eckiger Beschaffenheit, der auf kurzen Transport weist. Er entstammt, wie schon die Oberflächenverhältnisse verraten, den umliegenden Inselbergen, von denen er herabgeschwemmt wurde. Die Akkumulation erfolgt in der constantinischen Steppe noch durch das rinnende Wasser. Bedeckt sind die Ebenen mit Grassteppe und in der Umgebung der Chotts mit Salzpflanzen.

Betrachtet man nun die Umgebung der constantinischen Chotts, so senkt sich die Ebene, von den Berggehängen ausgehend, vollkommen gleichmäßig gegen die Chottbecken. Terrassen, welche einen früheren höheren Stand des Salzsees verrieten, fehlen. Die Bildung solcher Terrassen wäre hier ein Ding der Unmöglichkeit. Bei einer nur geringen Steigerung der Niederschläge und damit verbundenem Steigen des Seespiegels müßten die westlichen constantinischen Chotts über die niedrige Wasserscheide zum Meere entwässern, somit ihre Abflußlosigkeit verlieren. Ihre flachen Becken stehen untereinander durch die zeitweise benützte Flußader des Oued Saboun in Verbindung und der tiefstgelegene Endsee Sebkret ez Zmoul hat bei hohem Wasserstand zur Regenzeit einen Ausfluß, der sich im Schuttkegel des Kerchabaches verliert, während er bei tiefem Stande zur Trockenzeit ebenso wie die anderen Chotts zu einer kleinen abflußlosen Salzlache einschrumpft. Bei beständig hohem Stande müßte hier ein Fluß entstehen, der, über den Schuttkegel des Kerchabaches hinüberfließend, sich an den Oued bou Merzoug angliedern würde.

Durch den Mangel an Terrassen unterscheiden sich die constantinischen Chotts von anderen abflußlosen Seen, wie es z. B. das Tote Meer, das Kaspische Meer oder der große Salzsee in Utah sind.

Während diese eine Reihe pleistozäner Terrassen als Zeichen einstiger höherer Seestände aufweisen, bilden die constantinischen Chotts einen morphologisch anderen Typus abflußloser Seen ohne pleistozäne Terrassen. Man darf aus dem Fehlen dieser schließen, daß die constantinischen Chotts zur Eiszeit nicht als abflußlose Seen bestanden haben, daß ihre

Digitized by Google

Abflußlosigkeit jünger ist als die Eiszeit, denn selbst wenn schon die heutigen Oberflächenverhältnisse vorhanden gewesen wären, hätte sich die Abnahme der Verdunstung bei der Temperaturherabsetzung der Eiszeit in einem Ansteigen des Seespiegels kundgegeben, welche die abflußlosen Seebecken in der oben geschilderten Weise in einen Flußlauf umgewandelt hätte, welcher die niedrige Wasserscheide überwand. Man muß daher annehmen, daß die Chotts erst nach der Eiszeit abflußlos wurden.

Aber man muß sich noch die Frage vorlegen, ob überhaupt die heutige Chottlandschaft zur Eiszeit bereits bestanden hat.

Die obengeschilderten Oberflächenverhältnisse der Chottregion kamen dadurch zu stande, daß das Gebirge, da es abflußlos ist, im eigenen Schutt erstickt, es unterliegt dem Versteppungsprozeß. Die Schuttanhäufung erfüllt die Vertiefungen einer älteren Landoberfläche und hat diese zur Voraussetzung. Es muß daher vor der heutigen Zeit der Akkumulation eine Zeit der Erosion, der Herausbildung von Höhenunterschieden von Berg und Tal liegen. Diese ältere Landoberfläche ist gegen das zum Meere entwässernde Gebiet offen, denn wir sahen, daß der Übergang aus dem Flußgebiet des Oued bou Merzoug ins Gebiet der constantinischen Chotts nicht über eine Wasserscheide von anstehendem Gestein, sondern über eine ganz unmerkliche Schuttwasserscheide hinüberführt. Der Schuttkegel des Kerchabaches bildet die Wasserscheide. Ein altes Tal zieht sich daher unter dem Schutt der Wasserscheide ins abflußlose Gebiet hinein und verzweigt sich jedenfalls in die verschüttete Landoberfläche der constantinischen Chotts. Jenseits der Wasserscheide zieht sich die Schuttausfüllung mit abnehmender Mächtigkeit ins Tal des Oued bou Merzoug hinab, bis dieser schließlich mit der Steigerung seiner Wasserkraft des zuwachsenden Schuttes Herr wird und Gleichgewicht zwischen Schutt-Zu- und Abfuhr eintritt. Diese Grenze der übermächtigen Akkumulation liegt bei El Guerra, wo die Talgehänge näher zusammenrücken. Hier ist daher die Grenze zwischen humider und arider Steppe sehr scharf zu ziehen.

Digitized by Google

Daß die heutigen Inselberge wirklich nur die Überreste einer verschütteten Tallandschaft sind, die sich in gar nichts vom Atlas nördlich der Wasserscheide unterschied, wird sofort klar, wenn man z. B. auf dem Blatt Constantine Nr. 73 der Carte d'Algérie (1 : 50.000) die Berge nur bis 950 *m* Höhe aus dem Schutt aufragen läßt und den Zwischenraum der Berge durch flache Schuttmulden, die bis 800 *m* herabreichen, ausfüllt. Von der ganzen reichgegliederten Tallandschaft bleiben tatsächlich nur wenige Inselberge übrig.

Den Vorgang der Akkumulation und die Entstehung der Abflußlosigkeit muß man sich folgendermaßen erklären. Die Akkumulation erfolgte von der Seite von den Talgehängen und von den Seitenbächen, während zugleich die Flußader durch Abnahme der Feuchtigkeit schwächer wurde. Es entstand ein Mißverhältnis zwischen Schutt-Zu- und Abfuhr. Das Flußgefälle minderte sich und schließlich konnte an günstigen Stellen das Gefälle unterbrochen werden. Im vorliegenden Falle war es der Schuttkegel des Kerchabaches, welcher nördlich des Sebkret ez Zmoul das Talgefälle unterbrach. So entstand die heutige Wasserscheide als Schuttwasserscheide. Übermächtige Lateralakkumulation schuf ungleichsinnige Abdachung und führte zur Bildung der Chottbecken. Die Chottbildung ist auf diese Weise eine Folge des ganzen Akkumulationsvorganges und mit diesem innig verbunden.

Die Region der constantinischen Chotts war somit früher zur Zeit einer Erosionsepoche nicht nur nicht abflußlos, sondern tief erodiert und entwässerte durch ein Tal zum Meere und erst später erfolgte das Anwachsen des Schuttes, welches schließlich das Gebiet der Chotts abflußlos machte; auf die Erosionsepoche folgte also eine Akkumulationsepoche.

Die Akkumulationsepoche hat zur Voraussetzung eine Abnahme der Niederschläge, denn solange diese reichlich blieben, war auch der Fluß erosions- und transportfähig und der Schutt konnte nicht anwachsen. Die Erosionsepoche umgekehrt beweist, daß vor der Gegenwart einst reichlichere Wasserkräfte zur Verfügung gestanden haben müssen, daß früher größere Feuchtigkeit herrschte. Nun ließ sich oben aus der Terrassenlosigkeit schließen, daß die constantinischen Chotts

Digitized by Google

zur Eiszeit nicht bestanden haben können, daß sie jünger sind als diese. Nachdem nun die Chottbildung eine Folge der Akkumulation ist, so darf man schließen, daß die Akkumulationsepoche gleichfalls erst nach der Eiszeit fällt. Die Erosionsepoche wäre daher spätestens in die Eiszeit zu verlegen. Damals muß das Erosionstal mindestens zum letzten Male in Funktion gewesen sein. Bis zur Gegenwart ist seither eine Verschlechterung des Klimas eingetreten, welche die Wassermengen verminderte und in der weiteren Folge die Akkumulationsvorgänge der Chottregion entfesselte und die Abflußlosigkeit derselben herbeiführte.

Wir kommen daher zu dem Ergebnisse, daß es in Nordafrika eine Zeit reicherer Niederschläge, eine Pluvialzeit, gegeben haben muß, die wahrscheinlich gleichzeitig mit der Eiszeit ist, und daß die Entstehung der Erosionsformen spätestens ein Werk dieser Pluvialzeit ist, ferner daß die Erosionsprozesse seither zum Stillstand gelangt sind, in der Gegenwart höchstens noch an den Inselbergen fortschreiten, daß die Erosionsformen aber heute einer Verhüllung durch Akkumulation entgegengehen.

Der Nachweis der Pluvialzeit stellt uns nun vor weitere Probleme, deren Lösung erst von eingehenderen Studien der Zukunft erwartet werden kann. Die genaue Erforschung der Eiszeit in den Alpen durch Penck und Brückner ergab eine Aufeinanderfolge von vier Eiszeiten und drei Interglazialzeiten. Wenn jede Eiszeit sich in den Trockengebieten als Pluvialzeit äußerte, so gab es dort vier Erosionsepochen, die unterbrochen waren von drei Akkumulationsepochen der Interpluvialzeiten. In den Pluvialzeiten müßten sich die abflußlosen Chottgebiete der Versteppungszone immer wieder in Flüsse umgewandelt haben, welche den in den Interpluvialzeiten angesammelten Schutt wieder aus dem Gebirge herausräumten. Es wird einer genauen Untersuchung der Schuttablagerungen bedürfen, ob sich ältere, der Zerstörung entgangene Schuttmassen erhalten haben, um zu prüfen, ob diese Anschauung zutreffend ist. Sie müßte den Nachweis von drei verschieden alten Schutteinlagerungen der Täler erbringen können.

Digitized by Google

Die heutige Wasserscheide bei Aïne M'lila entstand dadurch, daß ein Fluß seines Quellgebietes durch laterale Akkumulation beraubt wurde. Im Quellgebiet mußten solche Vorgänge eintreten, denn hier beginnt die Wirksamkeit des fließenden Wassers in Gestalt kleiner dünner Wasserfäden, die leicht zu unterbrechen sind. Das Quellgebiet eines Flusses stellt stets einen Gleichgewichtszustand dar, wo die Schuttzufuhr der Denudationsvorgänge (Abspülung, Schuttkriechen etc.) übergeht in den Wassertransport. Wird die Wasserkraft größer, so wird der Schuttransport bereits höher im Quellgebiet beginnen, wird sie schwächer oder die Schuttzufuhr größer, so wird sich der Gleichgewichtszustand erst tiefer talabwärts einstellen. Beim Vorgang der Versteppung schiebt sich diese Gleichgewichtsgrenze außerordentlich tief hinab und raubt so dem Flusse sein ursprüngliches Quellgebiet. Wir haben in diesem Vorgang eine der bezeichnenden Formen der morphologischen Versteppung zu erblicken, die sich mit der Steppenvegetation zu einem Typus kombiniert, der verschieden ist von dem Typus der zum Meer entwässernden Steppe; dort haben wir humide Oberflächenformen und Trockenflora, hier aride Formen und Trockenvegetation. Die Grenze dieser zwei morphologischen Typen fällt aber nicht scharf zusammen mit der Wasserscheide des abflußlosen Gebiets, sondern sie reicht über dieses hinaus ins marin entwässerte, in unserem Falle bis El Guerra. Beide Steppenformen unterscheiden sich morphologisch scharf voneinander. Die eine ist bezeichnet durch Erosions-, die andere durch Akkumulationsformen. Mußten wir deshalb die erstere als Erosionssteppe noch dem humiden Gebiet zuweisen, so gehört die Akkumulationssteppe zum ariden Gebiet. Unsere anfangs gehegten Zweifel, ob sich das Trockengebiet bei der allmählichen Niederschlagsabnahme einigermaßen scharf begrenzen läßt, sind daher nicht zutreffend. Die Grenze zwischen Erosions- und Akkumulationssteppe in den Talböden ist die morphologische Grenze der Trockengebiete.

Der ganze Vorgang der Versteppung ist analog der der Vergletscherung eines Gebirges. In beiden Fällen wird das fließende Wasser im Talbeginn außer Funktion gesetzt und der Gleichgewichtszustand gestört, indem die Tallandschaft

Digitized by Google

einerseits mit Firn, andrerseits mit Schutt verhüllt wird. Während aber die Vergletscherung lebendige Kräfte an die Stelle des rinnenden Wassers setzt, breitet die Versteppung ein Totenkleid über das Land.

Der heutige Oued bou Merzoug hat auf diese Weise durch die Versteppung einen beträchtlichen Teil seines Quellgebietes eingebüßt, er ist ein geköpfter Fluß.

Das ihm entrissene Quellgebiet läßt sich noch heute annähernd begrenzen. Der nahezu zusammenhängende Zug von Inselbergen, der südlich von Aïne M'lila beginnt, nach Westen zieht und im Rokbete el Djemel endet, sowie der Djebel bou Adfen westlich des El Merdj-Sumpfes geben die Nord- und Westgrenze des abflußlosen Gebietes, wo anstehendes Gestein fast zusammenhängend die Wasserscheide gegen das Quellgebiet des obersten Rummel bildet.

Innerhalb dieses Gebietes zieht sich eine breite Senke von West nach Ost und später nach Nordost. Sie beginnt im El Merdj-Sumpf, führt um den Djebel Roknia herum zum Chott Zana und weiterhin zum Chott Saboun und von diesem zum Chott Gadaine. Aus den drei letztgenannten führt die zeitweise Verbindung des Oued Saboun zu den tiefstgelegenen Chott Tinecilt und Sebkret ez Zmoul. In den Chott Gadaine mündet auch der Oued el Mader, der von Batna und Lambèse aus dem Saharaatlas kommt. Die große Schuttsenke ist mit Grundwasser erfüllt, das jeweils in den tiefsten Punkten in Gestalt der Chotts austritt. Das Grundwasser senkt sich nach Osten. Der Chott Zana liegt zirka 810 *m* hoch, der Chott Saboun 800 *m*, der Chott Gadaine etwas unter 800 *m*, der Chott Tinecilt 796 *m*, der Sebkret ez Zmoul zirka 790 *m*. Alle genannten hängen bei Hochstand miteinander zeitweise zusammen und stellen einen nach Ost geneigten Grundwasserspiegel dar, der erheblich höher liegt als die Versitzstelle des Kerchabaches (777 *m*), die nur 7 *km* nördlich des Sebkret ez Zmoul liegt und gleichfalls höher als die 10 *km* nördlich des Salzsees gelegenen Quellen des Oued bou Merzoug (772 bis 775 *m*). Dieses Gebiet entwässerte zur Pluvialzeit im Oued bou Merzoug-Tale einst oberirdisch zum Meere, seither ist es abflußlos geworden.

Digitized by Google

Es wird aber noch Untersuchungen bedürfen, ob das Grundwasser südlich von Aïne M'lila überhaupt eine Wasserscheide bildet. Zur Trockenzeit scheint dies der Fall zu sein, wenn der Sebkret ez Zmoul zu einer kleinen Salzlache einschrumpft. Ob dies aber zur Regenzeit zutrifft, ist noch die Frage. Es wäre nicht unmöglich, daß sich dann der Grundwasserspiegel von den Chotts einfach gegen die Quellen des Oued bou Merzoug senkt; allerdings müßte sich dies in einer Steigerung des Salzgehaltes der Quellen kundgeben, die freilich minimal sein dürfte, denn zur Regenzeit mindert sich der Salzgehalt des Chottwassers außerordentlich.[1] Jedenfalls kann die durch die Verdunstung geschaffene Depression des Grundwasserspiegels im Chottbecken nur die obersten Grundwasserschichten betreffen und an sich ziehen, die tieferen müssen sich gegen das Oued bou Merzoug-Tal bewegen.

Der alte Erosionstalboden weist dem Grundwasser den Weg dahin und die Quellen des Oued bou Merzoug beziehen tatsächlich ihr Wasser aus dem abflußlosen Gebiet durch die Schuttwasserscheide.

Der Gedanke, daß das schwerere Salzwasser der Chotts auf dem angeblich leichteren süßen Grundwasser schweben kann, ist nicht kurzerhand abzulehnen, denn das Grundwasser dürfte unter dem Chott in seinen oberen Schichten teils infolge des Druckes, teils infolge der Verdunstung der obersten Schichten in aufsteigender Bewegung gegen die Verdunstungspfanne sein, zudem hat auch das Grundwasser nicht die hydrostatischen Eigenschaften des frei beweglichen Wassers, sondern die einer zähflüssigen Masse von größerem spezifischen Gewicht.

Die eben geschilderte Möglichkeit, daß die Oued bou Merzoug-Quellen ihr Wasser aus dem abflußlosen Gebiet beziehen, ist jedenfalls ein Sonderfall, der nicht häufig auftreten dürfte, da er nur am äußersten Rande von Trockengebieten auftreten kann, wo die Verdunstung noch geringer ist.

---

[1] Der starke Salzgehalt des Chott Tinecilt und Sebkret ez Zmoul stammt von dem Rücken salzhaltigen Dolomits, der sich zwischen beide Seen schiebt (Blayac, Les Chotts des Hauts Plateaux de l'Est Constantinois [Algérie]. Origine de leur salure. Bulletin de la Societé géologique de France, 1897, t. XXV).

Digitized by Google

Dies zeigen schon die östlichen constantinischen Chotts, die südlicher liegen als die westlichen. Sie stellen wahrscheinlich das verloren gegangene Quellgebiet des Oued Seybouse dar, von dem sie durch eine Schuttwasserscheide von 900 *m* Höhe getrennt sind. Der Chott Garaet et Tarf südlich derselben liegt aber nur 846 *m* hoch (bei hohem Wasserstande), somit erheblich tiefer als die Wasserscheide und die Brunnen und Quellen, welche die Karte auf derselben verzeichnet. Hier ist eben die Verdunstung bereits so stark, daß sie eine tiefe Depression im Grundwasserspiegel hervorruft, so daß auch von der Schuttwasserscheide her sichtlich ein Gefälle des Grundwassers gegen den Chott herrscht.

Angesichts des Ergebnisses, daß der Oued bou Merzoug sein ehemaliges Quellgebiet seit der Eiszeit durch die Versteppung verloren hat, erhebt sich die Frage, ob derselbe Vorgang auch an anderen Orten stattgefunden hat. Die Betrachtung der Carte géologique de l'Algérie (1 : 800.000) scheint dies zu bestätigen, denn alle mediterranen Atlasflüsse, die an die Chottregion heranreichen, haben an einzelnen Punkten Schuttwasserscheiden. Ähnlich liegen anscheinend auch die Verhältnisse im Quellgebiet des großen Mäander in Kleinasien.

Das Gebiet der Abflußlosigkeit hat offenbar am Rande der Trockengebiete seit der Eiszeit eine Erweiterung erfahren und die Wasserscheide des abflußlosen Gebietes wurde durch den Versteppungsprozeß in ehemals humide Gebiete hinausgeschoben, jedoch nur, wo die Flüsse vom Trockengebiet wegflossen. Dort, wo sie in dieses hineinflossen und wo die Wasserscheide außerhalb der morphologischen Versteppung blieb, änderte sich die Größe des abflußlosen Gebietes nicht, denn die Wasserscheide blieb stabil. Hier fehlen Schuttwasserscheiden, die Wasserscheide knüpft sich an anstehendes Gestein. Dies sieht man an der Wasserscheide im Norden des Chott el Hodna, wo der Einbruch dieses tektonisch[1] entstandenen Beckens die Wasserscheide zwischen der medi-

[1] Bernard Ficheur, Les régions naturelles de l'Algérie. Annales de Géographie 11, 1902, p. 423.

Digitized by Google

terranen und saharischen Abdachung des Atlas weit nach Norden gerückt hatte, so daß sie den Versteppungsvorgängen entrückt blieb. Hier fehlt eine Schuttwasserscheide, dagegen findet sich eine solche in der Südumrandung bei Medoukal, welche beweist, daß das Becken des Chott el Hodna zur Eiszeit nach der Sahara entwässert wurde.

Ein altes Entwässerungstal, das des Oued Salsou, öffnet das Becken des Chott el Hodna südlich von der Wasserscheide von Medoukal, die nur aus Schuttkegeln von Südwesten kommender Bäche zu bestehen scheint, gegen das Becken von El Outaya und somit gegen das saharische Einzugsgebiet des Oued el Biskra. Die Versteppung hat also hier wieder ein Flußsystem zerstört und von ihm den Oberlauf in Gestalt eines abflußlosen Beckens abgetrennt. Sie konnte dies um so leichter tun, da der in dem großen Becken von allen Seiten herbeigeschaffte Schutt von einer einzigen Wasserader hätte bewältigt und aus dem Becken herausgeschafft werden sollen. Zur Eiszeit entwässerte somit der Chott el Hodna jedenfalls zum Oued el Biskra, aber die Frage nach dem Alter des Entwässerungstales ist noch offen. Eine genaue Erforschung der Seeumrandung wird die Frage zu beantworten haben, ob das tektonische Becken schon vor der Eiszeit geöffnet war oder erst durch diese erschlossen wurde.

Die Geschichte des Flußtales könnte somit Aufschluß geben über die präpluvialen Klimaverhältnisse der Atlasländer, ob schon vor der Eiszeit Abflußlosigkeit herrschte oder nicht. Jedenfalls stellt der Chott el Hodna einen etwas anderen morphologischen Typus dar als die westlichen constantinischen Chotts. Die Versteppung ergriff hier Besitz von einer tektonischen Hohlform, die allerdings bereits in eine Tallandschaft eingefügt gewesen war.

Aus unseren Ausführungen ergibt sich somit folgendes Ergebnis, daß in Trockengebieten Schuttwasserscheiden zu Verrätern der rezenten hydrographischen Veränderungen werden. Diese wird man daher zu ermitteln haben.

Das Problem der morphologischen Erforschung der Trockengebiete wird es weiters sein müssen, die pluvialen Wasserscheiden und Flußläufe zu ermitteln. Da die Pluvialzeit

Digitized by Google

in den Trockengebieten eine Erosionsepoche darstellt, so müssen die Wasserscheiden im anstehenden Gestein verlaufen sein. Ein weiteres Problem ist ferner die Aufgabe, festzustellen, wo es zur Eiszeit abflußlose Gebiete gegeben hat und wie groß damals sich das Verhältnis zwischen abflußloser und marin entwässerter Erdoberfläche stellte. In unserem Falle ist die Frage, ob das ganze Einzugsgebiet des Chott Melrir zur Eiszeit abflußlos war oder zum Meere entwässerte, noch nicht gelöst, da die Ostumrandung des Chotts noch nicht erforscht ist. Der östlich gelegene Chott Djerid hatte einen Abfluß gegen den Golf von Gabes, denn die 45 *m* hohe Schuttwasserscheide bei Gabes verschüttet einen alten Talboden, dessen Sohle 35 *m* tiefer in anstehendem Fels gefunden wurde.[1]

Um die eiszeitliche Wasserscheide des marin entwässerten und des abflußlosen Gebietes festzulegen, wird man vor allem eine sorgfältige Scheidung der abflußlosen Seen vornehmen müssen. Man kann einerseits terrassenlose Seen unterscheiden, die postpluvial sind (Typus der constantinischen Chotts) und andrerseits Seen mit Terrassen, deren Entstehung präpluvial ist. Der letztere Typus zerfällt wieder in zwei Gruppen, einerseits in Seen ohne eiszeitlichen Abfluß (Typus des Toten Meeres), was sich in einer Mehrzahl von Terrassen kundgibt, die tiefer liegen als der tiefste Punkt der Umrandung, und andrerseits solche mit eiszeitlichem Abfluß und Rückzugsterrassen (Typus des Lake Bonneville), wo die höchsten Terrassen den tiefsten Punkt der Umrandung mindestens erreichen. Diese letztere Gruppe stellt solche präpluvial abflußlose Gebiete dar, wo die Eiszeit nicht im stande war, sie vollkommen zu erschließen und in Gestalt von Erosionstälern in die gleichsinnige Abdachung einzugliedern.

Man erhält somit zwei genetisch verschiedene und verschieden alte Typen von heute abflußlosen Seen. Der erstere bezeichnet das erst nach der Eiszeit abflußlos gewordene Gebiet, er liegt in ehemaligen durch Akkumulation außer Funktion gekommenen Erosionstälern. Er dürfte wohl der am

[1] Rouire, La découverte du bassin hydrographique de la Tunisie centrale et l'emplacement de l'ancien lac Triton, p. 6, 7 und 30.

Digitized by Google

meisten in Trockengebieten vorkommende Seetypus sein, der besonders in den Randgebieten eine geschlossene Zone bildet, wo die Abflußlosigkeit erst ein Werk der Klimaverschlechterung der Gegenwart ist. Die Seen mit Terrassen stellen den Überrest des schon vor der Eiszeit abflußlosen Gebietes dar, das durch die Eiszeit nicht in die gleichsinnige Abdachung einbezogen wurde. Sie sind tektonisch entstanden, entweder durch Einbruch von Senkungsfeldern oder dadurch, daß die Gebirgsbildung die Regenwinde absperrte. Die Gruppe der Terrassenseen ohne Abfluß liegt im Zentrum des abflußlosen Gebietes, das auch durch die Eiszeit nicht erschlossen wurde. Um sie und ihr Einzugsgebiet, das begreiflicherweise auch Terrassenseen mit Abfluß umfassen konnte und das heute auch Seen ohne Terrassen aufweist, ist die eiszeitliche Wasserscheide des damals abflußlosen Gebietes zu ziehen. Sie muß durchwegs in anstehendem Gestein verlaufen, denn eine Schuttwasserscheide wäre ja der Beweis für die eiszeitliche Aufgeschlossenheit. Über den Umfang des präpluvialen abflußlosen Gebietes sagen uns dagegen die zwei Gruppen der Terrassenseen nur den Minimalwert; es muß größer gewesen sein, denn wenn die Eiszeit die eine Gruppe früher abflußloser Terrassenseen zeitweise mit Abflußtälern versah, so hat sie gewiß noch eine viel größere Zahl früher abflußloser Seen gänzlich geöffnet und in Erosionstäler umgewandelt.

Die verschüttete Erosionslandschaft, die heute die terrassenlosen Seen enthält, könnte deshalb vor der Eiszeit sehr wohl abflußlos gewesen sein. Die jugendliche Form der Klammen des Oued el Ksour und Oued el Guebli und die Formen des Berglandes von Aurès, die im folgenden geschildert werden, lassen es sehr wahrscheinlich erscheinen, daß diese Täler erst zur Eiszeit als Erosionsrinnen entstanden sind.

Südwestlich von Batna liegt die Wasserscheide in 1080 *m* zwischen dem Oued el Mader und dem Oued el Ksour, einem Quellfluß des Oued el Biskra, der in die Depression des Chott Melrir am Südfuß des Saharaatlas eintritt. Sie trennt das Saharaeinzugsgebiet vom Gebiet der westlichen constantinischen Chotts und liegt in einer breiten Längstalfurche des Saharaatlas. Auch sie ist eine ganz unmerkliche Schuttwasser-

Digitized by Google

scheide, gelegen auf zwei beiderseits ins Tal gebauten Schuttkegeln zweier Seitenbäche, verdankt somit gleichfalls erst der postpluvialen Akkumulationsperiode ihr gegenwärtiges Aussehen. Manches spricht dafür, daß sie nicht stabil geblieben ist, sondern sich nach Südwesten verschoben hat und früher nordöstlich von Batna lag. Das Quellgebiet des Oued el Mader richtet sich nämlich nach Westen gegen das von Südwest nach Nordost streichende Längstal von Batna, wo der Fluß dann mit spitzem Winkel nach Nordost abbiegt, statt im stumpfen der Sahara zuzufließen. Zugleich treten nordöstlich von Batna die Talgehänge näher zusammen, so daß zu vermuten ist, daß hier der anstehende Fels seichter liegt als südwestlich von Batna, wo das Tal bis über Mac Mahon außerordentlich breit ist (4 bis 5 *km*) und im Becken von Mac Mahon seine größte Breite (zirka 10 *km*) erreicht. Es dürfte somit zur Eiszeit eine Talwasserscheide aus anstehendem Fels nordöstlich von Batna bestanden haben. Die Erklärung, warum sich hier die Wasserscheide verschoben hat, ist wieder in der zu groß gewordenen Lateralakkumulation zu suchen.

Die Umgebung von Batna gehört bereits dem Bergland von Aurès an, das bedeutende Höhen bis über 2000 *m* erreicht und deshalb eine regenreiche, baumbestandene Telloase innerhalb des Saharaatlas darstellt. Die Abflüsse desselben bauen große Schuttkegel ins Längstal von Batna und überschütteten schließlich die Wasserscheide nordöstlich von Batna, so daß der Oued el Mader, der früher das Quellgebiet des Oued el Ksour gebildet hatte, über sie hinweg den constantinischen Chotts zufließen konnte.

Bis Mac Mahon behält so die Landschaft den Charakter eines der Ausreifung entgegengehenden Trockengebietes, wie ihn Davis definiert hat,[1] mit steigender Erosionsbasis in Gestalt von Akkumulationsebenen, wo das Bergland zusehends im Schutt erstickt, bis schließlich nur mehr Inselberge aufragen.

Ist dieser Landschaftscharakter im Gebiet der constantinischen Chotts bereits vollkommen ausgereift, so ist er im

[1] Davis, The geographical cycle in an arid climate, The Geographical Journal. Januar 1906, Vol. XXVII, No. 1.

Digitized by Google

Längstal von Batna noch nicht vollendet, denn das ganze Bergland von Aurès hat noch jugendliche Formen und die reifen beschränken sich nur auf das Längstal von Batna.

Von Mac Mahon an ändert sich auch das Bild des Tales. Man tritt in eine Erosionslandschaft, obwohl das Gebirge immer mehr Wüstencharakter annimmt, Deflations- und Corrasionsformen auftreten und die Vegetation sich nahezu gänzlich auf die künstlich bewässerten Talsohlen zurückzieht und bei El Kantara die erste Dattelpalmenoase der Wüste auftritt.[1] Man passiert hier die jugendliche, noch unausgereifte Landschaft des Berglandes von Aurès. Mit rapidem Gefälle und in wilden Klammen, deren jugendliche Wildheit durch die Deflations- und Corrasionserscheinungen scheinbar noch gesteigert wird, bricht der Oued el Ksour durch eine Kalkkette ins Längstal des Oued el Guebli und dieser durchschneidet die nächste Kalkkette in der malerischen Schlucht des Foum-es-Sahara (Mund der Sahara), um in das 400 bis 500 *m* hoch gelegene Talbecken von El Kantara zu gelangen. Von hier ab hört der jugendlich wilde Charakter der Landschaft auf und es entwickeln sich zusehends wieder Landschaftsformen der zunehmenden Ausreifung, wie man sie bei Mac Mahon verlassen hat und die talabwärts immer reifer werden. Das Gebirge erstickt wieder im Schutt. Schon im Längstal des Oued el Guebli ragen nur mehr die oberen Partien der Berge als Fels aus den sie verhüllenden Schutthalden auf, aber auch das anstehende Gestein ist tief zersprengt, denn durch den grellen Wechsel von Hitze und Kälte schuppt es sich längs der Schichtflächen ab, bleibt aber vielfach noch in seiner Lagerung, so daß ganze Gehänge aus abgelösten Gesteinsplatten bestehen. Zugleich tritt schon von Mac Mahon an, besonders aber unterhalb El Kantara, neben dem Gehängeschutt in der Talmitte auch

[1] Der Übergang von der Steppe zur Wüste ist hier außerordentlich kurz und unvermittelt. Das Bergland von Aurès trug Mitte April 1904 noch Schneeflecken. In les Tamarins und Mac Mahon blühten erst die künstlich bewässerten europäischen Obstbäume und die Pappeln und andere blattabwerfende Bäume zeigten sich erst im frischen Frühlingsgrün, während in 17 *km* Luftlinie Entfernung und 400 *m* tiefer in drückender Hitze die immergrünen Dattelpalmen von El Kantara gedeihen.

Digitized by Google

äolischer Wüstenstaub auf, der mit steiler Stufe gegen die Flußrinne abfällt und in tiefen Regenrissen zerfurcht ist. Das Längstal der Oued Biskra unterhalb El Kantara ist so bereits im Schutt erstickt, dann bricht der Fluß durch zwei Kalkketten ins 250 bis 200 *m* hohe, mit Steppenstaub erfüllte Becken von El Outaya; aber beide Durchbrüche haben ihre jugendfrische Wildheit eingebüßt, denn sie sind im Schutt vergraben. Ebenso gilt dies vom letzten Durchbruch bei Biskra, wo der Fluß in die Sahara eintritt, er mündet hier in das Depressionsgebiet des Chott Melrir, das offenbar ein Senkungsfeld darstellt.

Die Sahara stellt sich bei Biskra als eine weite, ebene Akkumulationsfläche dar, die sich ganz allmählich von 122 *m* Höhe bei Biskra zur 30 *m* tiefen Depression des Chott Melrir senkt. Sie besteht in der Umgebung von Biskra zum größten Teil aus äolischem Wüstenstaub; es ist eine feine, ungeschichtete Ablagerung von rötlicher Färbung, ein rezenter Löß, der nur in der Nähe der aus dem Gebirge kommenden Flüsse Schotter, und zwar von ziemlich grobem Korn eingebettet enthält. Die äolische Akkumulation dauert auch gegenwärtig fort, sie ist so stark, daß sie über das breite Schotterbett des Oued el Biskra und auch die anderen aus dem Bergland von Aurès kommenden Flüsse emporwächst, so daß diese bereits in diesen rezenten Löß mit allerdings niedrigen, senkrechten Steilufern eingesenkt sind und deshalb ihren groben Schotter nicht über die Ebene ausbreiten können. Die Ausbreitung der Flußsedimente erfolgt, nach der geologischen Karte (Carte géologique de l'Algérie)[1] zu schließen, erst in der zentralen Senke um den Chott Melrir. Das Schottermaterial ist zu grob, als daß man den rezenten Löß von Biskra als fluviatilen Überschwemmungslehm erklären könnte, er müßte in diesem Fall aus Schotter und Sandlagen allmählich hervorgehen und anfangs mit diesen wechsellagern. Tatsächlich tritt aber in den Flußufern der Löß scharf und unvermittelt an das Schotterbett heran.

---

[1] Die Carte géologique de l'Algérie (1 : 800.000) schreibt dem Löß pleistozänes Alter zu, anscheinend nur deshalb, weil er Löß ist und trennt ihn von den rezenten Alluvien um den Chott herum.

Digitized by Google

Die heutige orographische Grenze des Atlas gegen die Ebene ist nicht die Grenze der gefalteten Ketten des Atlas, sondern aus der Ebene ragen noch bei Biskra, das 8 *km* vom Gebirgsrande liegt, inselförmige Hügel von aufgerichteten Kalkschichten auf, welche beweisen, daß ein Teil des Gebirges unter der Ebene begraben liegt. Die Akkumulation dringt sichtlich ins Gebirge ein und hat innerhalb desselben die Becken von El Outaya und El Kantara ausgefüllt. Es ist auch hier eine alte Landoberfläche erstickt, ein altes Flußsystem, dessen Talsohle in den alten Durchbrüchen oberhalb von Biskra und El Outaya tiefer lag und dem jedenfalls auch das Gebiet des Chott el Hodna zugehört hat, das durch das Quertal des Oued Salsou ins Becken von Outaya entwässerte. In welchem Verhältnis dieses spätestens eiszeitliche Erosionstal zu den Schottermassen steht, welche terrassenartig den Fuß des Gebirges in der Umgebung von Hammam es Salahine bei Biskra und den Südrand des Berglandes von Aurès begleiten und welche als Reste eines eiszeitlichen Seestandes gedeutet werden könnten, wage ich vorläufig nicht zu entscheiden, da erst die genauere Erforschung und vor allem die Untersuchung der Ostumrandung des Beckens des Chott Melrir hierüber Aufschluß geben könnte, ob hier ein eiszeitlicher Abfluß in der Höhe dieser Terrasse vorhanden war.

Die Erosionsrinne des verschütteten Tales scheint tiefer zu liegen als diese Schottermassen und diese auch noch zu zerschneiden, die Erosion dürfte daher auch nach dem Rückzuge des Sees, falls dieser bestanden hat, noch eine Zeitlang fortgedauert haben. Das Becken des Chott Melrir ist offenbar ein tektonisches Senkungsfeld, das, im Trockengebiet gelegen, sich nicht bis über den Meeresspiegel mit Wasser füllt, sondern nur bis zu der Höhe, wo sich Verdunstung und Zufluß die Wage halten. Deshalb braucht man die tiefe Lage der Erosionsrinne des Oued Biskra-Tales, die dem Meeresniveau nahekommen dürfte, nicht mit Senkungserscheinungen in Zusammenhang bringen, sondern mit einem früheren Zustande, wo die Melrirdepression noch nicht so hoch ausgefüllt war.

Es ergibt sich somit auch auf der saharischen Seite des Atlas dieselbe Aufeinanderfolge einer Erosions- und Akkumu-

Digitized by Google

lationsepoche. Dies alles ist auch im stande, die jugendlichen Landschaftsformen zu erklären, welche zwischen den alten Formen der Landschaft der constantinischen Chotts und der reifen Landschaft südlich von El Kantara liegen. Im letzteren Gebiete haben wir denselben Vorgang des Erstickens des Gebirges wie im Gebiet der constantinischen Chotts, nur daß er hier von unten her erfolgt. Ihm arbeitet der Vorgang des Erstickens des Quellgebietes oberhalb Mac Mahon entgegen, zwischen beiden liegt aber der Überrest der jugendlichen Landschaft, der noch nicht von der Akkumulation vernichtet und ausgereift wurde. Es ist ein Überrest einer pleistozänen Topographie, die, nach der Jugend der Formen zu schließen, erst in der Eiszeit entstand, die hier erhalten geblieben ist und die auch im ganzen übrigen Berglande von Aurès wegen seines Regenreichtums noch fortlebt und fortleben wird, bis die Höhen des Berglandes erniedrigt und aufgelöst sind. Das ganze Bergland stellt so heute ein Inselbergland vor, das sich später in Inselberge auflösen wird. In diesem Teile des Saharaatlas herrscht deshalb noch Erosion, während sonst überall Akkumulation eingetreten ist. Solche Inselbergländer, die wegen ihrer Höhenlage reichlicheren Niederschlag empfangen, wo infolgedessen die Erosion fortlebt, sind feuchte Inseln innerhalb des Trockengebietes, sie entsprechen den Tellinseln der Vegetation. Man darf sie aus diesem Grunde nicht als charakteristisch für Steppe und Wüste ansehen und von ihnen morphologische Gesetze für Trockengebiete ableiten, da sie vielmehr unausgereifte Relikte und Ausnahmserscheinungen der Morphologie von Trockengebieten sind. Die Wüste und Steppe ist ebenso wie das Waldland und die Alpenzone eine Höhenzonenerscheinung; was über sie emporragt, hat reichlicheren Niederschlag und gehört deshalb nicht zu ihr, sondern stellt eine Insel des feuchten Gebietes dar. Diesen Grundsatz wird man auch für die morphologische Beurteilung der zentralasiatischen Steppen und Wüsten festhalten müssen.

Das Davis'sche Schema der Ausreifung eines Trockengebietes[1] bedarf nach obigem einer Ergänzung. Es besteht

[1] Davis, The geographical cycle in an arid climate. The Geographical Journal, 1906, January, Vol. XXVII, No. 1.

Digitized by Google

nicht bloß eine Hebung des Erosionsniveaus, welche das Land im Schutt ersticken läßt. Man muß bei der Versteppung eines Gebirges vielmehr zwei Vorgänge unterscheiden, einen dort, wo die Arbeit des fließenden Wassers beginnt, wo somit die Erosion die Denudation ablöst, und einen dort, wo sie endet, wo die Erosion durch die Akkumulation ersetzt wird. Beide Vorgänge arbeiten einander entgegen.

Bei der Versteppung schiebt sich einerseits die Grenze zwischen Denudation und Erosion im Flußtal abwärts und köpft so den Fluß, und andrerseits schiebt sich von unten her die Grenze zwischen Akkumulation und Erosion aufwärts und schneidet so die Extremitäten des Flusses ab. Zum Schlusse wachsen beide Vorgänge zusammen und erst dann ist die Ausreifung eines Trockengebietes vollzogen. Der Fluß hat sich in abflußlose Becken aufgelöst.

Dieses Stadium ist beim Chott el Hodna erreicht, beim Oued el Biskra ist es erst halb fertig, im Gebiet der constantinischen Chotts ist nur der erstere Vorgang überhaupt zur Entwicklung gelangt, da der Unterlauf des Flusses nicht versteppt wurde. Diese eben geschilderte morphologische Klassifikation gilt vorläufig nur für die Randgebiete einer Wüste, also für die Steppenzone, wo noch fließendes Wasser alljährlich periodisch tätig ist. Inwieweit sie für die eigentliche Wüste anwendbar ist, ist erst zu untersuchen. In der Wüste tritt der umgestaltende und schuttumsetzende Faktor des fließenden Wassers nur mehr nach seltenen, spärlichen Regengüssen auf; der fluviatile Verschüttungsprozeß der eiszeitlichen Erosionsformen dürfte sich daher hier um vieles langsamer vollziehen als in der Steppe.

Die tote Landschaft der Wüste erfährt eine flächenhafte Abtragung durch den Wind; da aber dieser nur kleine Körner und Staub bewegen kann, ist das Maß der äolischen Abtragung gering.[1] Dies sieht man am Foum es Sahara sehr deutlich. Das

[1] Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung, p. 39, spricht an der Hand der chemischen und mechanischen Zerstörungsprozesse im Gestein von der riesengroßen Wirkung der abtragenden Kräfte in der Wüste, aber die chemischen und mechanischen Zerstörungsprozesse am Gestein der Wüste bedeuten noch nicht Abtragung derselben, sondern das mürbe gewordene Gestein bleibt

Digitized by Google

pleistozäne jugendlich V-förmige Profil der Schlucht ist, obwohl hier stets heftige Windzirkulation herrscht, noch ganz unversehrt, nur die einzelnen Felsen sind zu abenteuerlichen Zacken und Pilzformen ausgeblasen. Die äolische Denudation hat somit hier seit der Eiszeit nur Detailformen niedrigster morphologischer Ordnung geschaffen, sie war dagegen unfähig, die jugendliche Form der pluvialen Schluchten des Oued el Ksour und Oued el Guebli auch nur irgendwie zu verändern. Die eiszeitliche Form wurde hier nicht zerstört, sondern vielmehr durch die Wüste erhalten.

Bezeichnend ist es nun, wie sich die Zerstörungsprodukte der Wüste am Rande derselben gruppieren. Jenseits von Ouargla liegt die breite Zone der Flugsanddünen des Erg, die nahezu geschlossen den Nordsaum der Sahara bildet. Nördlich derselben liegt die Zone rezenter Lößbildung, als welche sich die Umgebung von Biskra darstellt. Der Flugsand liegt somit dem Ursprungsherde näher als der Löß. Diese Gruppierung der äolischen Ablagerungen um das zentrale Zerstörungsgebiet der Sahara erfolgt im nördlichen Teil derselben durch südliche Winde, die in der nördlichen Sahara in der kühleren Jahreszeit keine Seltenheit sind. Sie treten ein, wenn ein an der nordafrikanischen Küste vorbeiziehendes barometrisches Minimum herannaht. Mein Aufenthalt in Biskra im Frühjahre 1904 war gerade günstig für solche Beobachtungen. Bei sinkendem Barometer herrschte trockener heißer Südwind, der die Atmosphäre mit Staub erfüllte, nach dem Vorüberzug des Minimums fiel bei steigendem Barometer ein heftiger kühler Nordwind ein. Während aber an der Küste heftige Regengüsse niedergingen, äußerte sich in Biskra die Zunahme der Feuchtigkeit nur durch leichte Bewölkung. Die Sortierung des Materials erfolgt somit im Nordsaum der Sahara entgegengesetzt der herrschenden Windrichtung des Passats, weil eben nicht so sehr die herr-

vielmehr am Platze und schützt die Unterlage. Zum Teil schützt es sich selbst durch die Schutzrinde vor der Abtragung. Verwitterung ist eben nicht identisch mit Abtragung. Wenn Foureau in der Sahara Kamelspuren von 1877 noch 1892 vorfand (p. 54), wenn Wagenspuren sich 11 Jahre in der kalifornischen Wüste frisch erhalten, so spricht das nicht für starke Abtragung. Auch die wunderbar konservierten ägyptischen Baudenkmäler und Inschriften sprechen dagegen.

Digitized by Google

schende Windrichtung, sondern der Ursprungsherd der äolischen Produkte maßgebend ist. Der Nordostpassat bringt keinen äolischen Schutt herbei, weil er aus dem vegetationsreicheren Gebiet kommt, wohl aber der zeitweise Südwind, der aus dem vegetationsarmen Land ins vegetationsreichere weht, wo der herbeigeschaffte äolische Staub festgehalten wird, so daß ihn der Passat nicht zurückwehen kann. Die festhaltende Wirkung der Vegetation kann man auf der Lößfläche um Biskra sehr gut beobachten, jede Pflanze thront auf einem selbst gebauten Hügel und die ganze Oberfläche ist warzenförmig bedeckt mit diesen Vegetationshügeln. Äolische Ablagerungen sind daher gar nicht beweiskräftig für herrschende Windrichtungen, da unter Umständen die nicht herrschende Windrichtung allein äolisches Material herbeibringen kann. Äolische Ablagerungen beweisen nur für die Nachbarschaft eines wüstenhaften Zerstörungsgebietes.

Auf der Lößfläche südlich von Biskra sind einzelne Flugsanddünen aufgesetzt. Es sind die äußersten nördlichen Vorposten des Erg. Betrachtet man aber die Aufschlüsse längs der Flußeinschnitte, so sieht man nie Flugsand im Löß eingebettet. Es ist dies eine Beobachtung, die man in den quartären Lößgebieten Europas gleichfalls machen kann. Etwas sandigere Partien kommen hier wohl vor, ferner Schotterlagen, die offenbar analog den Schottern des Oued Biskra zur Ablagerung kamen, aber niemals findet man eine Ablagerung, die man direkt als Flugsand ansprechen könnte.

Die Betrachtung der Flugsanddünen erklärt diese auffällige Tatsache. Der Flugsand ist stets nur eine Oberflächenerscheinung, die über die Lößoberfläche rast- und restlos hinweg wandert. Hiebei wirkt die Bewegung der Sandkörner durch den Wind gegenseitig mechanisch zerstörend auf die Körner. Dies ist die Ursache, daß sich die Dünenzone des Erg nach Norden in den einzelnen Vorposten gegen Biskra verliert. Das Ende ist, daß sich die Düne fast gänzlich zu Staub aufreibt. Der Zerreibungsstaub derselben senkt sich mit dem übrigen herbeigewehten Staub, wenn Ruhe in der Atmosphäre eintritt, zu Boden und wird von der spärlichen Vegetation, die die Lößoberfläche im Becken von

Digitized by Google

Melrir deckt, festgehalten. Deshalb ist der Flugsand in der Zone der Lößablagerung nur eine vorübergehende Erscheinung des Zerstörungsprozesses, die bleibende Ablagerung stellt vielmehr der Löß dar, er ist das geologische Endprodukt der Zerstörungen. Die Vorbedingung der Lößablagerung ist aber die Vegetation, welche den Wüstenstaub festhält, deshalb kann die äolische Akkumulation im großen nur eine Randerscheinung der Wüste sein. Im Zentrum derselben ist äolische Akkumulation nur an windgeschützten Punkten möglich. Hier ist daher die flächenhafte äolische Denudation der vorherrschende morphologische Vorgang. Ihn wird man ausnützen müssen, um die morphologische Grenze von Steppe und Wüste zu ziehen.

Diese Beobachtungen zeigen, daß es dringend notwendig ist, die Umgebung von Biskra zum Gegenstand eingehenderer Untersuchungen zu machen, da hier in nächster und leichtest erreichbarer Nähe von Europa so manches Problem der europäischen Lößfrage zu lösen ist.

Ist der europäische quartäre Löß Europas entstanden durch eine Verschiebung der Klimazonen nach Norden, dann muß in Südeuropa Wüste gewesen sein, und dies könnte das Fehlen des interglazialen Löß[1] im Mittelmeergebiet erklären, denn dort war dann in den Interglazialzeiten Wüstengebiet mit vorherrschender äolischer Denudation und der Löß konnte sich nur an den Rändern dieser Wüste in Mittel- und Osteuropa ablagern, wohin er durch südliche und östliche Winde kam, somit wieder durch Winde, die der herrschenden Windrichtung entgegengesetzt waren. Dies kann uns weiters einen Anhaltspunkt geben, wie die Alpen in den Interglazialzeiten ausgesehen haben müssen. Der Atlas mit seiner Versteppungslandschaft und feuchteren Inselbergländern dürfte im Aussehen dem Landschaftsbild der Alpen in den Interglazialzeiten sehr nahe kommen. Die Alpen bildeten wahrscheinlich ein etwas regenreicheres Steppengebirge mit der Morphologie der Versteppung.

[1] Penck, Studien über das Klima Spaniens während der jüngeren Tertiärperiode und der Diluvialperiode. Zeitschr. der Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin, XXIX. Bd., 1894, p. 140, sowie Das Klima Europas während der Eiszeit. Naturwissensch. Wochenschr. IV, Nr. 38, p. 597. Penck weist (p. 596 ebenda) dem Löß von Turin postglaziales Alter zu, ebenso dem von Krems.

Digitized by Google

Digitized by Google

Das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe

von

Julius Pauksch.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Wiener Universität.

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. März 1906.)

Bei Wiesner[1] ist die Angabe zu finden, daß die vegetabilische Zellhaut diamagnetisch sei. Eingehendere Studien über das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe scheinen nicht gemacht worden zu sein, wenigstens konnte ich mit Ausnahme obiger Angabe Wiesner's und der kurzen Notiz physikalischer Werke,[2] daß Baumblätter und Holz diamagnetisch seien, in der Literatur über diesen Gegenstand nichts finden.

Im Jahre 1892 stellte Herr Hofrat Wiesner selbst mit den dem pflanzenphysiologischen Institute gehörigen Elektromagneten eine Reihe von Versuchen über das magnetische Verhalten einiger Pflanzengewebe an, welche Versuche er jedoch wegen anderer dringender wissenschaftlicher Arbeiten abbrach.

Im Verlaufe meiner Ausführungen komme ich auf diese Versuche noch zurück.

Im Herbste des Jahres 1903 hat mich Herr Hofrat Wiesner mit der Aufgabe betraut, seine Studien über das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe fortzusetzen, überhaupt den Gegenstand systematisch zu studieren, und unterstützte mich

---

[1] Wiesner, Elemente der wissenschaftlichen Botanik, I. Bd. (Wien 1881), und in den späteren Auflagen, zuletzt 1898.

[2] Siehe beispielsweise Wiedemann, Elektrizitätslehre, IV. Bd.

Digitized by Google

fortwährend bei der Durchführung der Untersuchungen. Einer eingehenden Prüfung empfahl mir Herr Hofrat Wiesner das Verhalten solcher Pflanzengewebe, welche durch einen größeren Gehalt von Eisenverbindungen ausgezeichnet sind. Merkwürdigerweise fand er bei der Untersuchung solcher Gewebe, daß dieselben diamagnetisch sind, und sprach die Vermutung aus, daß in denselben das Eisen in Form einer diamagnetischen Verbindung vorhanden sei.

Die qualitativen Untersuchungen wurden im pflanzenphysiologischen Institute mit obgenannten Elektromagneten, die quantitativen Bestimmungen aber, wo es sich um die Messung der Stärke der Anziehung, beziehungsweise Abstoßung handelte, wurden im Institute für theoretische Physik der Wiener Universität ausgeführt, wobei ich mich der Unterstützung des Assistenten Herrn Dr. Stephan Meyer zu erfreuen hatte, dem ich an dieser Stelle meinen besten Dank ausspreche.

Selbstverständlich wurden bei diesen Untersuchungen alle störenden äußeren Einflüsse, wie Anwendung gedrehter Fäden zum Aufhängen, eiserner Instrumente zum Schneiden der Objekte etc., vermieden.

Ferner sei bemerkt, daß es sich bei meiner Untersuchung nur um die empirische Feststellung des magnetischen Verhaltens der Pflanzengewebe handelte, die physikalisch-theoretische Deutung der festgestellten Tatsachen lag nicht im Plane der Arbeit.

Zur Verfügung stand mir der obgenannte Elektromagnet. Sein Eisenkern ist 408 *mm* lang, 55 *mm* stark, aus bestem Schmiedeeisen verfertigt. Die Bewicklung besteht aus acht Lagen 3 *mm* dicken, gut isolierten Kupferdrahtes; die größte bei diesem Apparat zur Anwendung gekommene Stromstärke betrug 10 Ampère.

Stets wurden die Untersuchungen in der Weise ausgeführt, daß die zu prüfenden Objekte an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängt und dann dem Einfluß der Pole ausgesetzt wurden. Waren sie diamagnetisch, dann stellten sie sich äquatorial ein, nämlich senkrecht auf die Verbindungslinie der Pole, und wurden von jedem der beiden Pole abgestoßen, waren

Digitized by Google

sie aber paramagnetisch, so stellten sie sich axial und wurden von jedem der beiden Pole angezogen. Paramagnetische Stoffe werden sich, wenn sie zwischen zwei erregten Polspitzen aufgehängt sind, immer axial, d. h. in die Verbindungslinie der Polspitzen, einstellen; aber aus der bloßen axialen Einstellung darf man bei anisotropen Medien noch nicht auf den paramagnetischen Charakter schließen. Ich fand z. B., daß sich ein Teil eines Blattes, ein längliches Stück Hollundermark, bisweilen zwischen beiden Polen axial einstellt, die quantitative Messung jedoch deutlichen Diamagnetismus ergibt. Die axiale Einstellung läßt demnach bei anisotropen Medien nur auf das Vorhandensein verschiedener magnetischer Achsen schließen. Die quantitativen Bestimmungen zur Messung der Abstoßung, beziehungsweise Anziehung wurden nach einer bekannten physikalischen Methode so ausgeführt, daß zwischen beiden Polen eine lange Eprouvette hängt, die an einer empfindlichen eisenfreien Wage so angebracht ist, daß ihr eines Ende in der Mitte des homogenen magnetischen Feldes sich befindet, während das andere Ende außerhalb desselben schwebt.

Wägt man zunächst die Eprouvette ohne Feld, dann im Feld, so ist die Differenz beider Gewichte gleich der Abstoßung oder Anziehung, je nachdem sie im Felde einen scheinbaren Gewichtsverlust oder eine scheinbare Gewichtszunahme erfährt.

Die zu untersuchenden Substanzen werden am besten in fein gepulvertem Zustande in die Eprouvette gegeben und zuerst ohne Feld und dann nach Einschaltung des Stromes im Felde gewogen.

Von der Differenz beider Wägungen muß dann die früher gefundene Abstoßung oder Anziehung des Glases in Abrechnung gebracht werden, um die richtige Maßzahl der Abstoßung oder Anziehung der verwendeten Substanz zu erhalten. Um die Stoffe bezüglich der Stärke der Abstoßung untereinander zu vergleichen, wurde als Vergleichseinheit das chemisch reine Wasser gewählt. Es empfiehlt sich dann, den Versuch in der Weise zu machen, daß von allen Stoffen gleiche Volumina untersucht werden, um ihre Magnetisierungszahlen zu berechnen, und zwar in folgender Weise: Bezeichne ich die Kraft, mit der ein bestimmtes Volumen eines Stoffes angezogen, beziehungsweise

Digitized by Google

abgestoßen wird, mit p, so ist $p = \frac{M^2}{2g} K$, wobei M die Feldstärke, g die Akzeleration der Schwere und K die Magnetisierungszahl oder Suszeptibilität bedeutet.

Für Wasser ist:

$$p_{H_2O} = \frac{M^2 . K_{H_2O}}{2g},$$

daher $p_{H_2O} : p = K_{H_2O} : K$, in welcher Gleichung p, p_{H_2O} und K_{H_2O} bekannt sind, daher $K = \frac{p K_{H_2O}}{p_{H_2O}}$.

Der Faktor K_{H_2O}, d. h. Suszeptibilität[1] für Wasser, ist gegeben durch

$$K_{H_2O} = -0 \cdot 69(1 - 0 \cdot 0016 t) 10^{-6},$$

wobei t die jeweilige Temperatur bedeutet, bei welcher der Versuch gemacht wurde, daher die Suszeptibilität des zu untersuchenden Stoffes

$$K_x = -\frac{p_x 0 \cdot 69 (1 - 0 \cdot 0016 t) 10^{-6}}{p_{H_2O}}.$$

Will ich noch die spezifische Suszeptibilität, d. h. die Suszeptibilität der Masseneinheit wissen, so muß ich obiges K_x durch die in der Volumeneinheit bei der gegebenen Pulveranordnung vorhandene Masse (scheinbares spezifisches Gewicht der jeweiligen Raumanordnung der Teilchen) der betreffenden Substanz dividieren.

Magnetisches Verhalten einiger Pflanzenstoffe.

Meine erste Aufgabe war die, eine Anzahl jener Stoffe auf ihr magnetisches Verhalten zu prüfen, die in erster Linie am Aufbau des Pflanzenkörpers beteiligt sind, soweit sie mir zur Verfügung standen und eine Untersuchung zuließen.

[1] Dr. Gustav Jäger und Dr. Stephan Meyer, Untersuchungen über die Magnetisierungszahl des Wassers. Diese Sitzungsberichte, CVIII. Bd. (1899), Abt. IIa, p. 271 ff.

Digitized by Google

Zunächst untersuchte ich Zellulose,[1] denn sie hat unter allen Pflanzenstoffen neben den Eiweißstoffen vielleicht die weiteste Verbreitung. Chemisch reine Zellulose ist diamagnetisch. Verschiedene Arten der Zellulose, wie Natron- und Sulfitzellulose, reine Baumwolle, wurde in kleinen Stücken zwischen den Polen aufgehängt und, als der Magnetismus erregt wurde, von den Spitzen abgestoßen.

Neben Zellulose wurde noch eine große Zahl anderer Stoffe qualitativ und einzelne auch quantitativ geprüft. Die Resultate dieser Untersuchungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt, in welcher bei Kolonne »Gewichtsdifferenz« das negative Vorzeichen Gewichtsverlust im magnetischen Felde, mithin die Stärke des Diamagnetismus bedeutet.

Name des Stoffes	Gewicht der verwendeten Stoffmenge	Gewichtsdifferenzen derselben im Felde
Sulfitzellulose	0·638 *g*	—0·244 *g*
Baumwolle	0·783	—0·016
Weizenstärke	3·590	—0·079
Kartoffelstärke	3·9	—0·11
Reisstärke	4·046	—0·091
Gummi von *Prunus avium*	5·679	—0·045
Gummi arabicum	5·198	—0·019
Tragant von *Astragalus* sp.	3·842	—0·019
Harz von der Schwarzföhre	7·408	—0·034

Die nachstehend angeführten Stoffe wurden nur qualitativ untersucht. Dieselben wurden durchaus diamagnetisch befunden. Es sind dies die folgenden Stoffe: Weihrauch von *Boswellia Carteri*, Gummigutti, Gummi von *Acacia Verek*, *A. Senegal*, *A. Ehrenbergiana*, Tragant von *Astragalus creticus*, Albumin, Fichtenharz, Lärchenharz, Koniferin, Vanillin, Olivenöl, Rizinusöl, Kakaobutter, Tabaschir, Agar-Agar und Gelatine.

[1] Über das chemische Verhalten derselben siehe Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, I. Bd., 2. Auflage, Leipzig 1900.

Digitized by Google

Zur Bestimmung einiger Magnetisierungszahlen ging ich in der früher angegebenen Weise vor.

Ich fand, daß eine 50 *mm* hohe Flüssigkeitssäule von destilliertem Wasser bei 15° C. Zimmertemperatur eine Abstoßung von $p_{H_2O} = -0{\cdot}1\,g$ erfährt; das Gewicht dieser Menge außerhalb des magnetischen Feldes betrug $7{\cdot}46\,g$, mithin das Volumen rund[1] $7{\cdot}46\,cm^3$; das gleiche Volumen Stärke ($C_6H_{10}O_5$) in der Eprouvette, gleichfalls eine Säule von 50 *mm* Höhe einnehmend, erfuhr eine Abstoßung $p_{C_6H_{10}O_5} = -0{\cdot}12\,g$

$$K_{C_6H_{10}O_5} = \frac{(-0{\cdot}12)(-0{\cdot}69)(-1-0{\cdot}0016.15)10^{-6}}{-0{\cdot}1} =$$

$$= -\frac{0{\cdot}12}{0{\cdot}1} \cdot 0{\cdot}6734.10^{-6} = 0{\cdot}000000808128 =$$

$$= -0{\cdot}81.10^{-6}$$

$$K_{H_2O} = -0{\cdot}67.10^{-6}$$

Die spezifische Suszeptibilität beträgt daher

$$\frac{0{\cdot}81.10^{-6}}{\text{spezifisches Gewicht}}.$$

Das scheinbare spezifische Gewicht läßt sich berechnen, da die Menge Substanz abgewogen wurde.

Ist diese Menge $= M$, so ist die scheinbare Dichte $= \frac{m}{7{\cdot}46}$ und daraus die spezifische Suszeptibilität $= -\frac{0{\cdot}81.7{\cdot}46}{m}\,10^{-6}$.

Über das magnetische Verhalten des Holzes.

Unter den Daten, welche mir Herr Hofrat Wiesner zur Verfügung stellte, befanden sich auch einige auf Holz bezugnehmende.

Ich bemerke gleich, daß in den Versuchen das Holz diamagnetisch befunden wurde.

Auch meine auf ein viel größeres Material ausgedehnten Untersuchungen ergaben übereinstimmend Diamagnetismus,

[1] Dichte des Wassers bei 4° C. = 1·0000, bei 15° C. = 0·999132.

Digitized by Google

allerdings mit der Beschränkung, daß die Stärke des letzteren in verschiedener Orientierung des Objektes verschieden ist.

Wenn es sich darum handelt, das magnetische Verhalten des Holzes quantitativ zu bestimmen, ist es am zweckmäßigsten, dasselbe in Form von Holzmehl in eine Eprouvette zu geben und in der bereits früher angegebenen Weise zu wägen.

Bei meinen Versuchen füllte ich die Eprouvette stets bis zu einer Höhe von 40 *mm* an und fand bei einer Anzahl von Holzarten folgende Resultate:

Art des Holzes	I	II	III	IV
	$m =$ Gewicht	$p =$ Stärke der Abstoßung	$V =$ Volumen	Magnetisierungszahl, bezogen auf die Masseneinheit[1]
Fraxinus excelsior	1·101 *g*	0·018 *g*	5·96 cm^3	$0{\cdot}65.10^{-6}$
Carpinus betulus	1·4	0·016	»	$0{\cdot}45.10^{-6}$
Aesculus Hippocastanum	1·6	0·015	»	$0{\cdot}37.10^{-6}$
Cytisus Laburnum	1·12	0·016	»	$0{\cdot}56.10^{-6}$
Acer campestris	1·53	0·021	»	$0{\cdot}77.10^{-6}$
» *platanoides*	1·13	0·019	»	$0{\cdot}65.10^{-6}$
Prunus avium	1·311	0·016	»	$0{\cdot}48.10^{-6}$
» *Mahaleb*	0·99	0·019	»	$0{\cdot}71.10^{-6}$
Pinus montana	1·81	0·016	»	$0{\cdot}29.10^{-6}$
Abies pectinata	1·66	0·018	»	$0{\cdot}43.10^{-6}$
Larix europaea	1·7	0·012	»	$0{\cdot}27.10^{-6}$
Syringa vulgaris	1·41	0·015	»	$0{\cdot}42.10^{-6}$
Quercus sp.	1·81	0·019	»	$0{\cdot}41.10^{-6}$
Tilia parvifolia	1·1	0·015	»	$0{\cdot}54.10^{-6}$

Die in Kolonne II angeführten Zahlen, welche die Stärke der Abstoßung der verwendeten Masse bedeuten, sind natürlich sehr variable Größen, denn sie hängen allzu sehr von der

[1] Abgekürzt auf zwei Dezimalen.

Digitized by Google

zufälligen, mehr oder minder lockeren Raumanordnung (d. i. scheinbaren Dichte) des eingefüllten Holzmehls ab.

Sie werden aber brauchbar, wenn ich spezifische Magnetismen, d. h. die Magnetisierungszahlen bezogen auf die Masseneinheit, bestimmen will. Zu diesem Zwecke brauche ich nur mit Hilfe der früher angegebenen Formel K, d. i. die Magnetisierungszahl der jeweiligen Menge, berechnen und durch das Gewicht der Substanz dividieren und mit dem Gewicht des 40 *mm* hoch eingefüllten Wassers multiplizieren. Mithin

$$K = \frac{p K_{H_2O}}{p_{H_2O}} \cdot \frac{V}{m}$$

$$p_{H_2O} = 0{\cdot}1001\, g.$$

Neben den obgenannten Holzarten untersuchte ich noch eine Anzahl anderer, die ich, ohne die früher beschriebene Wägung auszuführen, bloß auf ihr Verhalten zwischen den zwei Polspitzen prüfte.

So untersuchte ich noch Holz von *Juglans regia, Evonymus europaeus, Sambucus nigra, Betula alba, Platanus orientalis, Pirus communis, P. malus, Lonicera* sp., *Caragana pendula, Rhus typhina, R. cotinus, Viburnum Opulus, Nerium oleander, Ligustrum vulgare, Eleagnus* sp., *Rhododendron hirsutum, Cornus mas, C. sanguinea, Ulmus campestris, Buxus sempervirens, Robinia pseudacacia.*

Sämtliche von mir untersuchten Holzarten waren diamagnetisch. Schon bei früherer Gelegenheit habe ich hervorgehoben, daß ein und dasselbe Gewebe bei verschiedener Orientierung verschieden starken Diamagnetismus zeigt. Die weitere Ausführung dieser Tatsache, welche mit dem Vorhandensein magnetischer Achsen zusammenhängt, ist einem späteren Abschnitt dieser Abhandlung vorbehalten.

Verhalten der Blätter.

Nicht so einfach wie das Verhalten der Hölzer war das der Blätter. Auch sie zeigten vorwiegend diamagnetischen Charakter, einzelne jedoch wurden bei gewisser Orientierung deutlich angezogen. Auch fand ich, daß das Verhalten frischer

Digitized by Google

und toter Blätter in manchen Fällen voneinander verschieden, ja gerade entgegengesetzt ist. Zum Zwecke der Untersuchung schnitt ich größere Blätter in Scheiben von 2 bis 3 cm^2 Größe, die ich dann an einem Kokonfaden in drei verschiedenen Richtungen aufhing. nämlich so, daß ihre durch den Hauptnerv gegebene Achse 1. axial, 2. äquatorial, 3. vertikal gerichtet war.

Ich untersuchte zunächst frische grüne Blätter und fand, daß sie zwar vorwiegend, aber doch nicht durchwegs diamagnetisch waren. Unter etwa hundert von mir untersuchten Blattarten fand ich folgende in jeder Lage diamagnetisch:

Rosa (verschiedene Spezies), *Solanum tuberosum, Sedum telephium, Tropaeolum maius, Aralia Sieboldi, Aesculus Hippocastanum, Cheiranthus cheiri, Pinus montana, Evonymus europaeus, E. japonicus, Buxus sempervirens, Citrus media, C. aurantium, Robinia pseudacacia, Syringa vulgaris, Arum maculatum, Echeveria glauca, Acer platanoides, A. pseudoplatanus, A. campestris, Ailanthus glandulosa, Ligustrum vulgare, Berberis vulgaris, Pirus communis, Juglans regia, Iris pumila; Orchis* (verschiedene Spezies) und zahlreiche andere.

Gleichfalls diamagnetisch in jeder Lage waren die Phylloladien von *Ruscus aculeatus* und *Muehlenbeckia* sp.

Bei einer kleinen Zahl von Blättern machte ich die Wahrnehmung, daß sie dann, wenn ihre Hauptachse im magnetischen Felde axial gerichtet war, von jedem Pole angezogen wurden. Diese Erscheinung fand ich bei älteren Blättern von *Cytisus Laburnum*, bei *Plantago major* und bei *Chelidonium majus*. Ich untersuchte die meisten angeführten Blattarten in verschiedenen Entwicklungsstufen, konnte aber diesbezüglich keine Verschiedenheiten wahrnehmen. Anders jedoch verhielten sich lufttrockene Blätter. Sie waren bisweilen im Gegensatz zu den frischen paramagnetisch.[1] Ich untersuchte vergleichsweise normale und etiolierte Blätter, und zwar von *Zea, Helianthus, Pisum, Solanum*, konnte aber ein abweichendes Verhalten der grünen von den etiolierten Blättern nicht feststellen.

---

[1] Siehe folgendes Kapitel, betreffend den Einfluß des Wassergehaltes auf das magnetische Verhalten der Gewebe.

Digitized by Google

Grundgewebe.

Von dieser Gewebeart habe ich nur einige Markarten untersucht. Mark von *Sambucus* zeigte im frischen Zustande deutliche Abstoßung, im trockenen Zustande aber ziemlich starke Anziehung. Dasselbe Verhalten fand ich beim Marke von *Helianthus annuus*. Das von *Chenopodium album* aber war im frischen wie im trockenen Zustande paramagnetisch.

Hautgewebe.

Ich verwendete zunächst die Oberhaut von *Allium Cepa*, *A. Porrum* und *Echeveria glauca*. Dabei fand ich, daß alle von mir untersuchten Stücke dieser Oberhäute, die sich durch einfaches Abschälen leicht erhalten lassen, stark paramagnetisch waren, denn sie wurden von jedem Pole deutlich angezogen. Desgleichen fand ich paramagnetisch eine Anzahl von Periderm-geweben, so z. B. von *Betula verrucosa*, *Syringa vulgaris*, *Citysus Laburnum*, *Aesculus Hippocastanum*, *Ampelopsis hederacea*, *Rubus Idaeus*.

Dagegen war das Periderm von *Caragana arborea* (var. *pendula*), das von *Platanus orientalis*, *Prunus avium*, *P. Mahaleb* und *Juglans regia* diamagnetisch.

Auch den gewöhnlichen Kork fand ich diamagnetisch.

Sklerenchymgewebe.[1]

Behufs Untersuchung dieser Gewebe verwendete ich die im nachstehenden angeführten Steinschalen von Samen und Früchten. Die zu prüfenden Objekte wurden teils in kleinen Stücken zwischen den Polen aufgehängt, teils zu einem feinen Pulver zerstoßen, um den Grad der Abstoßung in der eingangs angegebenen Weise ermitteln zu können.

Alle untersuchten Sklerenchymgewebe waren stark diamagnetisch. Ich fand z. B., daß $7 \cdot 46\ cm^3$ pulverisierter Steinschalen, die in der von mir verwendeten Eprouvette eine Höhe von 50 *mm* einnahmen, folgende Werte ergaben:

---

[1] Sklerenchym im Sinne von Mettenius, Wiesner, Haberlandt, also nicht nach de Bary.

Digitized by Google

Steinschalen von		Stärke der Abstoßung	
Juglans regia	7·46 *cm*³	50 *mm* Höhe	0·046 *g*
Corylus avellana	»	» »	0·019
Amygdalus communis ...	»	» »	0·042
Prunus armeniaca	»	» »	0·064
Bertholletia excelsa	»	» »	0·035

Um Stranggewebe zu untersuchen, wurden aus größeren Blättern, wie *Aralia Sieboldi*, *Ficus elastica*, *Aesculus Hippocastanum*, *Fagus silvatica*, *Sambucus nigra*, *Ailanthus glandulosa*, *Acer campestris*, *Platanus orientalis*, *Juglans regia* u. a., die Nerven herauspräpariert und in kleinen Stücken aufgehängt; sie zeigten durchwegs Abstoßung.

Ich teile hier noch die Resultate mit, welche Herr Hofrat Wiesner bei seinen 1892 begonnenen Versuchen, betreffend das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe erhielt, und die er mir gütigst zur Verfügung stellte.

1. *Laminaria*	trockenes Lager		diamagnetisch
2. *Fucus vesiculosus*	»	»	»
3. *Chondrus crispus*	»	»	»
4. *Macrocystis pyrifera*	»	»	»
5. *Polyporus sulfureus*	trockener Fruchtkörper		»
6. *Polyporus officinalis*	trockenes Lager		»
7. *Secale cornutum*	trocken		»
8. Hefe	frisch		»
9. Hefe	trocken		»

Auch mit der Untersuchung des magnetischen Verhaltens von Hölzern hat sich Herr Hofrat Wiesner beschäftigt. Zu diesem Zwecke schnitt er die Objekte in kleine Würfel, um die Orientierung der Fasern berücksichtigen zu können.

Seine Beobachtungen waren folgende:

Holz von	Fasern	
Ailanthus glandulosa ...	axial	diamagnetisch
Tilia parvifolia	äquatorial	»
Fagus silvatica	axial	»
Abies pectinata	äquatorial	»

Digitized by Google

Holz von	Fasern	
Abies pectinata.....	axial	diamagnetisch
Fagus silvatica.....	äquatorial	»
Acer sp.	axial	»
» »	äquatorial	»

Unter den übrigen Geweben und Gewebekomplexen, welche ich noch untersuchte, zeigten nur wenige noch Paramagnetismus. Angezogen wurde Parenchym aus den breiten Schoten von *Lunaria biennis* und rote Zwiebelschalen von *Allium Cepa*. Dagegen fand ich diamagnetisch alle von mir untersuchten Blumenblätter und fleischigen Wurzeln, Schuppen verschiedener Koniferenzapfen, Samenschalen von *Pisum sativum*, *Phaseolus multiflorus* u. a. Sämtliche untersuchte Samen von *Pisum sativum*, *Phaseolus multiflorus*, *Phoenix dactilifera*, *Eryobotria japonica*, ferner Getreidekörner waren diamagnetisch. Bei Samen wurden die Samenhaut und die Kotyledonen einzeln untersucht, aber auch der Samen in toto; die Fasern[1] von *Linum usitatissimum*, *Corchorus capsularis* und *Cannabis sativa* habe ich paramagnetisch gefunden. Aber auch jene trockenen Fasern, die ich mir aus den Stengeln von *Linum usitatissimum* und *Cannabis sativa* herauspräparierte, waren paramagnetisch.

Einfluß des Wassergehaltes auf das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe.

Schon oben habe ich darauf hingewiesen, daß der Wassergehalt das magnetische Verhalten der Gewebe beeinflußt. Zufällig beobachtete ich an einem halbvertrockneten Blatte von *Scilla armoracia*, daß der grüne, frische Teil stark diamagnetisch war, während der andere, welke und bereits gelb gewordene Teil entschieden vom Magnetpol angezogen wurde. Dieses entgegengesetzte Verhalten derselben Blätter konnte wohl nur in dem verschiedenen Wassergehalt des Objektes seinen Grund haben. Meine Vermutung wurde auch durch die

[1] Durchwegs verkäufliche Handelsware.

Digitized by Google

zahlreichen über diesen Gegenstand angestellten Versuche bestätigt. Ich untersuchte zunächst eine Reihe von Blättern im frischen Zustand und ließ dieselben Blätter, deren Verhalten ich eben als diamagnetisch festgestellt hatte, lufttrocken werden, teils machte ich sie im Heißluftbade bei 110° C. vollständig trocken. Bei den Blättern mancher Pflanzen konstatierte ich, daß sie im welken oder auch bisweilen erst im lufttrockenen Zustand eine merkliche Anziehung erkennen ließen. Andere Blätter dagegen, welche im frischen Zustande stark abgestoßen wurden, erfuhren im trockenen Zustande eine bedeutend schwächere Abstoßung. Dies war z. B. bei den Blättern von *Aesculus Hippocastanum*, *Juglans regia*, *Orchis* sp., *Aralia Sieboldi*, *Lilium Martagon*, *Iris pumila*, *Pirus* sp. und zahlreichen anderen der Fall, während trockene Blätter von *Sedum telephium*, *Scilla armoracia*, *Cheiranthus cheiri*, *Syringa vulgaris*, *Robinia pseudacacia* eine schwache Anziehung erfuhren.

Zur genaueren Feststellung dieser Tatsache ging ich in folgender Weise vor. Ich nahm eine bestimmte Menge fein zerteilter Spinatblätter (es waren $5 \cdot 103\,g$) und bestimmte wie früher die Stärke ihrer Abstoßung, welche $0 \cdot 078\,g$ betrug. Dann trocknete ich diese zerkleinerten Blätter vollständig im Heißluftbade bei 110° C. Dabei verlor die Masse $2 \cdot 232\,g$ Wasser, was etwa 43% gleichkommt. Die übriggebliebene Masse Spinatblätter, welche im getrockneten Zustande $2 \cdot 871\,g$ wog, wurde bei gleicher Feld- und Stromstärke wie früher nur mit einer Stärke von $0 \cdot 016\,g$ abgestoßen. Die Differenz zwischen $0 \cdot 078$ und $0 \cdot 016$ ($= 0 \cdot 062$) ist demnach gleich der Abstoßung des in den Blättern enthalten gewesenen liquiden Wassers. Bei einem Blatte von *Aralia Sieboldi*, dessen Wassergehalt 72% betrug, fand ich die Abstoßung im lufttrockenen Zustande halb so groß als im frischen.

Infolge des großen Einflußes, den der Wassergehalt auf das magnetische Verhalten ausübt, ist es erklärlich, warum die gleichen Gewebe bisweilen kein einheitliches Verhalten zeigen, und es wird daher nicht wundernehmen, wenn Gewebe, die ich in meiner Abhandlung als paramagnetisch bezeichnet habe, sich bei anderen Versuchen als diamagnetisch erweisen.

Digitized by Google

So habe ich selbst bei Hollundermark, das ich als paramagnetisch angegeben habe, im Verlauf meiner Beobachtung Stücke gefunden, die im Gegensatz zu den früheren entschieden diamagnetisch waren.

Ich unterzog nun einige diamagnetische Hollundermarkstücke einer genauen Messung der Intensität des Magnetismus. Dabei fand ich, daß nach erfolgter Trocknung immer Paramagnetismus auftrat. So wogen z. B. 2·563 *g* frisches Hollundermark im magnetischen Felde nur 2·479 *g*. Nach erfolgter Trocknung aber betrug das Gewicht derselben Masse im magnetischen Felde 2·597 *g*, daher eine Anziehung von 0·034 *g*, und zwar trotz ziemlich bedeutenden Wasserverlustes, der etwa 10% betrug.

Einfluß der Zell- und Gewebestruktur auf das magnetische Verhalten vegetabilischer Gewebe.

An verschiedenen pflanzlichen Objekten, wie an einzelnen Stücken Hollundermark, Holzfasern, Blattrippen, ferner an einigen Blattarten habe ich die Beobachtung gemacht, daß die zwischen beiden erregten Polen hängenden Objekte sich mit ziemlicher Heftigkeit in die äquatoriale Lage einstellen, während die Abstoßung von einem einzigen erregten Pole sehr gering, bisweilen unmerklich war. Ich fand auch, daß ein 3 *cm* langes Stück Hollundermark sich zwischen beiden Polen axial einstellte, woraus ich natürlich zuerst auf paramagnetische Eigenschaften schloß.

Als ich unmittelbar darauf dasselbe Stück einer genauen Messung bezüglich der magnetischen Stärke unterzog, fand ich im erregten Magnetfeld eine Abstoßung (Gewichtsdifferenz) von 0·046 *g*.

Ebenso auffallend war auch das Verhalten eines Blattes von *Plantago major*. Ein etwa 2 cm^2 großes Stück davon wurde so zwischen beiden Polen aufgehängt, daß die Längsachse des Blattes horizontal gerichtet war. Im erregten Felde stellte es sich axial ein, so daß die Blattfläche in die Vertikalebene der beiden Pole zu liegen kam. Als aber dasselbe Stück

Digitized by Google

nur einem einzigen Pole ausgesetzt wurde, erfuhr es eine deutliche Abstoßung

Diese Erscheinungen führten mich zunächst zur Überzeugung, daß man hier aus der bloßen axialen Einstellung noch nicht auf paramagnetischen Charakter schließen darf, was der oben angeführte Versuch mit Hollundermark tatsächlich beweist.

Da wir es bei pflanzlichen Zellen und Geweben mit organisierten Gebilden zu tun haben, so schloß ich auf das Vorhandensein verschiedenwertiger magnetischer Achsen.

Durch genaue Versuche fand ich diese Ansicht bestätigt. Die Versuche machte ich in folgender Weise: Ich ließ aus mehreren Holzarten, wie *Aesculus Hippocastanum*, *Acer* und *Pinus*, je zwei ganz gleich große Zylinder, deren spezifisches Gewicht fast gleich war, so herstellen, daß bei je einem Zylinder die Fasern parallel zur Längsachse desselben liefen, beim zweiten aber normal zu ihr waren.

Ich gab nun jeden dieser Zylinder, deren Länge 45 *mm* und deren Durchmesser des Querschnittes 12 *mm* betrug, in eine Eprouvette, deren Abstoßung ich vorher in eingangs erwähnter Weise ermittelt hatte, und bestimmte die Größe der Abstoßung. Auf diese Art erhielt ich bei *Acer* folgende Resultate: Jener Zylinder, dessen Fasern mit ihrer Längsachse vertikal standen, erfuhr eine Abstoßung in der Stärke von 0·040 *g*, jener aber, dessen Fasern im magnetischen Felde quer gerichtet waren, erfuhr eine Abstoßung von nur 0·019 *g*. Diese Zahlen ergeben, daß die Längsachse der Zellen, welche im ersten Falle der Einwirkung des Magnetfeldes ausgesetzt war, etwa doppelt so stark diamagnetisch war als die Querachse. Bei den Zylindern von *Pinus* ergab die Messung folgende Resultate: Längsachse 0·009 *g*, Querachse 0·003 *g*; bei den Zylindern von *Aesculus Hippocastanum* fand ich die Längsachse diamagnetisch mit 0·031 *g*, die Querachse 0·018 *g*. Die großen Differenzen zwischen je zwei Zahlen geben trotz des angenähert gleichen spezifischen Gewichtes (je zwei Zylinder derselben Art waren aus demselben Stammstück hergestellt) ein deutliches Bild von der Verschiedenartigkeit der magnetischen Längsachse und der Querachse in der Zelle. Es muß aber eingeräumt werden, daß

Digitized by Google

diese von mir angeführten Zahlen nicht etwa völlig konstante Größen bedeuten.

Das Vorhandensein magnetischer Achsen im Zellkörper erklärt auch die Tatsache, warum ein organisiertes Gebilde, wie es die Zelle ist, trotz axialer Einstellung diamagnetisch sein kann und es auch tatsächlich ist, z. B. das Hollundermark. Die Einstellung zwischen zwei Polen erfolgt bei anisotropen Medien nämlich immer nach der stärker magnetischen Achse.

Bei jenen Geweben, deren Elemente nach verschiedenen Richtungen orientiert sind, ist die Beurteilung der magnetischen Achsenverhältnisse natürlich ungemein schwierig. Wenn sich z. B. ein bilateral gebautes Blatt mit seiner Fläche äquatorial einstellt, vermag ich nicht zu entscheiden, welche Zellachsen, ob die Längsachsen der Palisadenzellen oder gewisse Achsen des Schwammgewebes, für die Einstellung maßgebend waren. Wenn ich annehme, daß die Längsachsen der Palisadenzellen die diamagnetisch schwächere, mithin als magnetisch stärkere, die Achsen sämtlicher anderer Zellen dieses Blattes überwiegen, dann muß natürlich eine äquatoriale Einstellung des ganzen Blattes erfolgen.

Bei sämtlichen Beobachtungen an Holz habe ich gefunden, daß die Längsachse die diamagnetisch stärkere ist, weshalb sich Holzfasern mit ihrer Querachse, welche im Vergleich zur ersteren magnetisch stärker ist, axial einstellen.

Wenn sich ein isolaterales Blatt von *Viscum album* mit großer Heftigkeit äquatorial einstellt, so kann man daraus schließen, daß die zur Blattoberfläche normale Achse, welche bei äquatorialer Orientierung des Blattes axial steht, die magnetisch stärkere ist. Bei Zellkomplexen (Geweben und Organen) werden sich die einzelnen Achsen natürlich gegenseitig summieren oder reduzieren je nach der Anordnung und der Stärke der Komponenten.

Aus den von mir schon oben angeführten Beobachtungen an Holz und Blättern geht zwar hervor, daß Längsachse und Querachse der Zelle an der Orientierung im magnetischen Felde in erster Linie beteiligt sind; ob aber die magnetischen Achsen der Zelle mit der geometrischen immer genau zusammenfallen, vermag ich nicht zu entscheiden, da ich die zu diesen

Digitized by Google

Beobachtungen nötigen Studien mangels der erforderlichen Mittel nicht machen konnte.

Welchen Einfluß hat der Eisengehalt eines Gewebes auf dessen magnetisches Verhalten?

Ein kurzer Rückblick auf die im früheren angeführten Tatsachen zeigt uns, daß der Diamagnetismus im Pflanzenreich viel häufiger ist als der Paramagnetismus, letzterer zwar auch, aber nur vereinzelt auftritt. Wenn man bedenkt, daß am Aufbau eines Gewebes stets Mineralsubstanzen Anteil nehmen, die bis auf zwei, Mangan und Eisen, diamagnetisch sind, so wird namentlich mit Rücksicht auf das oben angeführte magnetische Verhalten der an dem Aufbau der Zellen anteilnehmenden organischen Stoffe das Vorherrschen des Diamagnetismus wohl verständlich. Da nun sämtliche Stoffe, aus denen das Pflanzengewebe besteht, ihren Einfluß im magnetischen Felde in additiver Weise geltend machen, so ist wohl klar, daß der Paramagnetismus eines Gewebes nur auf die beiden Elemente Mangan und Eisen zurückzuführen ist. Vor allem interessiert die Frage, in welcher Weise das Eisen das magnetische Verhalten eines Gewebes bestimmt.

Die Verbreitung dieses Elementes im Pflanzenreich ist bekanntlich eine außerordentlich große und seine Rolle im Leben der Pflanze eine sehr bedeutende. Seine Verbreitung wurde unter anderen auch von H. Molisch[1] in einer sehr anziehenden Schrift in eingehender Weise behandelt. Nach seinen Untersuchungen liegt das Eisen in der Pflanze in zweierlei Modifikationen vor, nämlich in einer solchen, in der es sich durch die gewöhnlichen Reagenzien auf Eisensalze (Oxydul- und Oxydsalze), z. B. mit Ferrocyankalium und Rhodankalium, leicht nachweisen läßt, und in einer zweiten, bei der alle diese Reaktionen mißlingen. Diese zweite Art der Eisenverbindungen, welche sich erst nach Behandlung mit gesättigter wässeriger Kalilauge nachweisen lassen, nennt Molisch »maskiertes Eisen«.

[1] H. Molisch, Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena 1892.

Digitized by Google

Alles in der Pflanze vorkommende maskierte Eisen liegt nach der Ansicht Molisch' in organischer Bindung vor, über deren Natur wir bisher nicht ins Klare gekommen sind. Aus den Eisenverbindungen, welche in der Asche der Pflanzengewebe sich befinden, läßt sich kein Schluß auf die Verbindung ziehen, in welcher das Eisen in derselben vorkommt. Eingehende Studien über das magnetische Verhalten von organischen Eisensalzen sind vor langer Zeit von Hofrat Wiesner[1] angestellt worden. Von den bekanntesten Eisenverbindungen organischer Natur ist nach Wiesner's Untersuchungen das gelbe Blutlaugensalz, Ferrocyankalium, diamagnetisch, während Ferricyankalium, das rote Blutlaugensalz, entschieden paramagnetisch ist. Man sieht hieraus, daß es Eisenverbindungen gibt, die entschieden diamagnetisch sind. Welcher Art aber die diamagnetischen Eisenverbindungen sind, welche in den trotz bedeutenden Eisengehaltes doch diamagnetischen Pflanzengeweben auftreten, konnte nicht festgestellt werden. Diese beiden Eisensalze wurden von mir als Ausgangsobjekte für meine Untersuchungen verwendet. Zunächst überzeugte ich mich, bis zu welchem Grade der Konzentration einer Lösung von rotem Blutlaugensalz sich der Diamagnetismus des Wassers geltend mache; dabei kam ich zu dem Resultat, daß selbst eine 20prozentige Ferricyankaliumlösung noch diamagnetisch ist und erst bei dem Mischungsverhältnis: 25 *g* rotes Blutlaugensalz auf 100 *g* destilliertes Wasser der Paramagnetismus des Eisensalzes ausschlaggebend ist.

An der Hand der in oben angeführtem Werke von Molisch[2] enthaltenen Tabellen zur Eisengehaltbestimmung sowie der Aschenanalysen von Wolff[3] untersuchte ich eine Reihe von Pflanzen mit auffallend hohem, in der Asche nachgewiesenem Eisengehalt. Unter anderem erhielt ich mit solchen Pflanzen folgende Resultate:

---

[1] Wiesner, Untersuchungen über das magnetische Verhalten einiger Cyanverbindungen des Eisens, Nickels, Cobalts. Sonderabdruck aus dem XLVI. Bande dieser Sitzungsberichte. Wien 1862.

[2] H. Molisch, l. c., p. 43 f.

[3] E. Wolff, Aschenanalysen. Berlin 1871.

Digitized by Google

	Eisengehalt	
Rettich, Blätter	8·72 %	der Reinasche stark diamagnetisch.
Lupine	7·40	
Kiefernholz	10	
Kiefernadeln	8·08	
Buche, Blätter	1·44	
Lärche, Blätter	6·41	
Fichtenholz	14	
Daucus Carota, Blätter	2·74	
Kohlrabi, Blätter	7·05	
Allium Cepa, Blätter	6·04	
Trapa natans	26	

Fast sämtliche in vorstehender Tabelle angeführten Objekte untersuchte ich auch im trockenen Zustande, nachdem ich sie mehrere Stunden einer Temperatur von 110° C. ausgesetzt hatte, und fand, daß sie auch dann noch diamagnetisch waren. In diesem Falle kommen für das magnetische Verhalten nur die organischen und mineralischen Bestandteile des Gewebes in Betracht. Hiebei ist nur zweierlei möglich, entweder ist der Diamagnetismus der diamagnetischen Stoffe ein so bedeutender, daß er den Paramagnetismus des vorhandenen Eisens überwiegt, oder es sind in dem betreffenden Gewebe keine paramagnetischen Eisensalze enthalten. Um mich zu überzeugen, wie weit ein paramagnetisches Eisensalz eines Gewebes, indem es suspendiert ist, sich geltend macht, ging ich in folgender Weise vor. Ein rechteckiges Stück reine Sulfitzellulose wurde bei 110° C. so lange getrocknet, bis keine Gewichtsabnahme mehr stattfand. Die Trockensubstanz, deren Gewicht 0·572 *g* betrug, wurde in eine zehnprozentige rote Blutlaugensalzlösung 8 Tage lang eingelegt und dann wieder bei 110° C. getrocknet. Sie ergab infolge Aufnahme des Eisensalzes eine Gewichtszunahme von 0·049 *g* und war paramagnetisch, während sie vor dem Einlegen in die Lösung sich diamagnetisch verhielt. Ein anderes trockenes Stück Zellulose von 0·984 *g*, welches in fünfprozentige rote Blutlaugensalzlösung eingelegt worden war, erwies sich nach einer Aufnahme von 0·018 *g* der Eisenverbindung (etwa 2 %) gleichfalls paramagnetisch.

Digitized by Google

In gleicher Weise machte ich den Versuch mit Samen von *Phaseolus*, *Cucurbita* und fand, daß schon nach dem Imprägnieren mit ganz geringen Mengen von rotem Blutlaugensalz sonst diamagnetische Gewebe paramagnetisch wurden.

Wenn nun einzelne Pflanzen trotz ihres hohen Eisengehaltes auch in völlig wasserfreiem Zustande diamagnetisch sind, so ist wohl die Annahme berechtigt, daß hier das Eisen in Form einer Verbindung vorliegt, die dem gelben Blutlaugensalz analog gebaut ist, oder doch wenigstens sich magnetisch wie dieses verhält, wie schon oben hervorgehoben wurde. In anderen Fällen wurde in einzelnen Geweben, wie z. B. Peridermen, Oberhäuten, Parenchym aus den Früchten von *Lunaria biennis*, teilweise auch Hollundermark deutlich Paramagnetismus beobachtet. Daß dieser einzig und allein dem im Gewebe enthaltenen Eisen, nebenbei vielleicht auch dem Mangan zuzuschreiben ist, ist selbstverständlich und mit Rücksicht auf das entgegengesetzte Verhalten der beiden Blutlaugensalze ist man wohl zu dem Schlusse berechtigt, daß in den ausgesprochenen paramagnetischen Geweben das Eisen in Form einer dem roten Blutlaugensalze analog gebauten Verbindung oder eines gewöhnlichen Eisensalzes vorkommt.[1] Dabei ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß in dem Gewebe beide Arten von Eisensalzen, nämlich Oxyd- und Oxydulverbindungen, vorkommen, wobei selbstverständlich die quantitativ reichlichere den magnetischen Charakter des Gewebes bestimmt. Damit findet aber auch die Tatsache, daß manche Gewebe im frischen Zustande diamagnetisch, im trockenen Zustande aber paramagnetisch sind, eine sehr einfache Erklärung. Im wasserreichen Zustande ist eben der Paramagnetismus der vorhandenen Eisensalze zu schwach, so daß er dem ziemlich bedeutenden Diamagnetismus des liquiden Wassers und der übrigen Stoffe gegenüber nicht zur Geltung kommen kann.

---

[1] Wiesner. In der oben zitierten Schrift heißt es: Diejenigen Cyanverbindungen des Fe, Ni, Co, in welchen diese Metalle wie in einem Haloidsalze enthalten sind, verhalten sich paramagnetisch. Diejenigen Verbindungen, in welchen Cyan mit einem der drei genannten Metalle zu einem zusammengesetzten Radikal verbunden erscheint, können sowohl paramagnetisch als auch diamagnetisch sein.

Digitized by Google

Selbstverständlich hängt der Grad des Paramagnetismus von der Art der Eisenverbindung ab, welche sich in der Pflanze vorfindet. Die Art dieser Abhängigkeit ist aus den Magnetisierungszahlen ersichtlich, die, bezogen auf ein Grammmolekül, im Liter für Ferroverbindungen $K = 8.10^{-6}$, für Ferriverbindungen $K = 12.5^{-6}$ und für analoge Manganverbindungen 15.10^{-6} betragen.

Auch in der älteren Literatur wurde schon der verschiedene Grad des Magnetismus je nach der Beschaffenheit des Eisensalzes berücksichtigt. So gab Plücker folgendes an: Setzt man den Magnetismus des metallischen Eisens = 100.000, so ist der Magnetismus im Oxyd nur mehr 714, im Eisenglanz 761, Eisenoxydhydrat 296, in der Lösung von salpeterhaltigem Eisenoxyd 410, im salzsauren Eisenoxydul 490.

An dieser Stelle will ich einer Beobachtung Erwähnung tun, die ich an den Blättern von *Philadelphus coronarius* mehrere Male machte, sowohl an Blättern von verschiedenen Sträuchern dieser Art als auch zu verschiedener Zeit. Ich fand nämlich, daß Blätter dieser Art in einem schwachen Magnetfelde deutlich paramagnetisch waren, während sie abgestoßen wurden, sobald ich durch Einschalten stärkerer Ströme die Feldstärke vergrößerte. Ich machte den Versuch in der Weise, daß ich ein kleines rechteckiges Stück solcher Blätter zwischen beiden Polspitzen, die 22 *mm* voneinander entfernt waren, so aufhing, daß es frei schweben konnte: es stellte sich zwischen beiden Polspitzen axial ein; als ich die Feldstärke durch Einschalten stärkerer Ströme änderte, wurde es mäßig, aber deutlich abgestoßen. Dann ließ ich dasselbe Stück zwischen beiden Spitzen, die aber nur 6 *mm* voneinander entfernt waren, schweben und fand, daß es sich mit seiner Fläche auf die Verbindungslinie der beiden Pole senkrecht (äquatorial) stellte.

Eine Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung vermag ich nicht zu geben, sondern begnüge mich damit, auf analoge Beobachtungen von Plücker[1] hinzuweisen, welcher fand, daß

[1] Aus Pfaundler, Lehrb. der Physik, III. Bd., p. 984 ff. Braunschweig 1888 bis 1890.

Digitized by Google

Substanzen, denen Eisen in geringen Mengen beigemengt ist, sich in schwachen Feldern paramagnetisch, in starken Feldern aber diamagnetisch verhalten. Der Grund dafür ist der, daß das Eisen, wie von Physikern gezeigt wurde, über eine gewisse Grenze hinaus nicht magnetisiert werden kann. Wenn nun in einer Substanz geringe Mengen Eisen enthalten sind, genügen schon schwache magnetische Kräfte, um das Maximum des Magnetismus zu erzeugen. Sobald die Stromstärke wächst, so wächst proportional damit die Stärke des Diamagnetismus der ungleich größeren diamagnetischen Substanz.

Ob diese Erklärung auch für die von mir beobachtete Erscheinung ausreicht, vermag ich nicht zu entscheiden. Wenn nun einzelne Gewebe schon im frischen Zustande einen starken Magnetismus zeigen, wie z. B. die obgenannten Periderme, Oberhäute u. a., so ist wohl mit Recht anzunehmen, daß hier die Speicherung von paramagnetischen Eisensalzen eine sehr reichliche ist. Für anorganische Eisensalze wurde bereits von Physikern gezeigt, daß der Magnetismus dem Salzgehalte der Lösung proportional ist. In der Tat wurde von Molisch[1] nachgewiesen, daß gerade in Oberhäuten einzelner Pflanzen eine sehr starke Eisenreaktion zu beobachten ist. Was nun endlich das Mangan betrifft, welches unter den in der Pflanzenasche sich findenden Mineralsubstanzen gleichfalls paramagnetisch ist, vermag ich nicht zu sagen, in welcher Weise es bei der Beeinflussung des magnetischen Verhaltens der vegetabilischen Gewebe beteiligt ist. Seine Verbreitung in Pflanzen ist bekanntlich, wie neuerliche Untersuchungen gelehrt haben, eine viel größere, als man früher angenommen hat, aber sein Prozentsatz in der Pflanzenasche meist geringer als der des Eisens. Eine Ausnahme hievon machen *Usnea barbata* mit 5·5% und *Trapa natans*, bei welcher die Asche der Blätter 14%, die Asche der Samenschalen 68% Mangan enthalten; sowohl *Usnea barbata*, als auch Blätter von *Trapa natans* habe ich diamagnetisch gefunden.

Daß infolge des additiven Verhaltens sämtlicher in Geweben enthaltenen Stoffe auch das Mangan zum Teil für

[1] Molisch, l. c., p. 45.

Digitized by Google

den Magnetismus eines Gewebes mitbestimmend ist, ist wohl erklärlich.

Genauere Versuche über diesen Gegenstand habe ich jedoch nicht gemacht.

Resumé.

1. Die Mehrzahl der Pflanzengewebe ist, wie schon Wiesner fand, diamagnetisch; doch gibt es auch Pflanzengewebe, welche paramagnetisch sind.

2. Das magnetische Verhalten der vegetabilischen Gewebe wird vom Wassergehalte, von der Zellstruktur und vom Eisengehalte beeinflußt.

3. Die an Eisen reichen Gewebe sind häufig, wie schon Wiesner zeigte, diamagnetisch; doch gibt es, wie der Verfasser zeigte, auch eisenreiche Gewebe, welche einen entschiedenen paramagnetischen Charakter an sich tragen. Im ersteren Falle ist das Eisen zweifellos in einer diamagnetischen Verbindung vorhanden, im letzteren hingegen in Form eines gewöhnlichen Eisensalzes oder überhaupt in einer paramagnetischen Eisenverbindung.

4. Der Paramagnetismus ist zweifellos auf in demselben enthaltene paramagnetische Metallverbindungen, in erster Linie auf Eisen, zurückzuführen.

5. In den Pflanzengeweben sind magnetische Achsen nachweisbar, welche, soweit die bisherigen Beobachtungen reichen, mit den geometrischen Hauptachsen der die Gewebe zusammensetzenden Zellen zusammenfallen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Über den Geotropismus von *Caulerpa prolifera*

von

G. Haberlandt,
k. M. k. Akad.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. April 1906.)

I.

Über den Geotropismus der Algen ist bisher nur wenig bekannt geworden und verschiedene Forscher, wie Berthold, Noll, Oltmanns[1] u. a. haben die Ansicht ausgesprochen, daß der Geotropismus bei den Orientierungsbewegungen der Algen überhaupt nur eine untergeordnete Rolle spiele. Um so interessanter mußte es sein, an einem hiezu besonders geeigneten Objekte den Geotropismus etwas eingehender zu studieren. Meine Wahl fiel auf *Caulerpa prolifera* Lamour, und zwar nicht nur deshalb, weil bereits Klemm für die Sprosse dieser Siphonee einen wenn auch nur schwachen negativen Geotropismus angegeben hat, sondern auch deshalb, weil bei dieser merkwürdigen Pflanze der Vergleich der festzustellenden Erscheinungen mit den geotropischen Vorgängen bei hochentwickelten Pflanzen besonders lehrreich zu werden versprach.

Die nachstehend beschriebenen Beobachtungen und Experimente wurden in der letzten Märzwoche und im April 1904 an der zoologischen Station zu Neapel angestellt. Dem k. k. Ministerium für Kultus und Unterricht bin ich für die

[1] Fr. Oltmanns, Morphologie und Biologie der Algen. 1905, II. Bd., p. 227.

Digitized by Google

Bewilligung eines Arbeitsplatzes und der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien für die Gewährung einer Reisesubvention zu aufrichtigem Danke verpflichtet.

II.

Über den Geotropismus von *Caulerpa prolifera* liegen bisher nur Angaben von Klemm[1] vor. Er setzte Stücke der Pflanze, die alle Arten von Prolifikationen besaßen, in den verschiedensten Stellungen in ein größeres Gefäß ein, das vollständig verdunkelt wurde. Dann und wann wurde das Wasser gewechselt. »Nach 17 Tagen hatten die vorhandenen Prolifikationen sämtlich lotrechte, zylindrische Neuzuwächse erfahren und hatten außerdem zahlreiche neue, aufwärts gerichtete Prolifikationen gebildet von 1·5 bis 2·5 *cm* Länge. Nun wurde die Lage der Versuchsobjekte wiederum so geändert, daß die neu hinzugewachsenen Stücke in horizontale oder lotrecht invers gerichtete Stellung kamen. Nach 2 Tagen bereits waren an allen Spitzen vertikale Neuzuwächse zu beobachten, sowohl bei den invers gestellten, den Boden berührenden, wie bei denen in horizontaler Lage. Sie blieben nachher noch eine Woche stehen und wuchsen auch dann noch ein Stück weiter.«

Aus diesen Beobachtungen folgert Klemm, daß die Prolifikationen von *Caulerpa* schwach geotropisch sind, da unter natürlichen Beleuchtungsverhältnissen »die geotropische Richtkraft« vollständig zurücktritt.

Um gleich nach meiner Ankunft in Neapel mit den im Dunkeln entstandenen zylindrischen Prolifikationen experimentieren zu können, hat auf meine Bitte hin Herr Dr. Lo Bianco schon Anfang März eine Anzahl von *Caulerpa*-Stöcken in große Glaszylinder verpflanzt, die am Boden mit einer mehrere Zentimeter hohen Sandschicht bedeckt waren. Die Gefäße wurden im Hintergrunde des Zimmers, in dem ich arbeitete, über den Aquarien aufgestellt und mit darüber gestülpten Blechzylindern verdunkelt. Im Deckel jedes Zylinders

---

[1] P. Klemm, Über *Caulerpa prolifera*. Ein Beitrag zur Erforschung der Form- und Richtkräfte in Pflanzen. Flora, 77. Bd., 1893, p. 473, 474.

Digitized by Google

befand sich ein kleines Loch, durch welches ein am Ende eines Kautschukschlauches befestigtes Glasröhrchen gesteckt wurde; durch dieses wurde in dünnem Strahle kontinuierlich frisches Meerwasser in die Glasgefäße geleitet.

Nach meiner Ankunft — Ende März — waren die blattartigen Assimilationssprosse — ich will sie in üblicher Weise als »Blätter« bezeichnen — bereits mit zahlreichen stiftchenartigen Prolifikationen versehen (Fig. 1), die eine Länge von 5 bis 20 *mm* und eine Dicke von 0·4 bis 0·8 *mm* besaßen und an ihrem Ende konisch zugespitzt waren. Ihr abgerundeter Scheitel war 0·15 bis 0·25 *mm* dick. Häufig zeigten sie eine dichotome Verzweigung; die beiden Gabeläste waren meist von gleicher Länge. Seltener war die schon von Klemm beobachtete kandelaberartige Verzweigung eingetreten. Alle Ästchen standen genau vertikal aufwärts.

Die Färbung dieser etiolierten Prolifikationen hing von der Färbung der Blätter ab, die sie erzeugt hatten. Waren letztere chlorophyllreich, dunkelgrün, so waren auch die Ästchen bis auf den 1 bis 3 *mm* langen, weißen Spitzenteil grün gefärbt. War dagegen das Blatt nur blaßgrün, so waren die Ästchen nur in ihrer unteren, kleineren Hälfte grünlich gefärbt, in ihrem oberen Teile dagegen von weißer oder gelblichweißer Farbe. Die später entstandenen Ästchen waren häufig ihrer ganzen Länge nach rein weiß.

Die im Dunkeln neuangelegten Ästchen treten fast ausschließlich auf den Oberseiten der in den Kulturgefäßen meist schräg aufwärts gerichteten Blätter auf. Daß der Ort der Neubildung junger Blatt- und Stengelsprosse bei *Caulerpa* von äußeren Kräften bestimmt wird, ist in überzeugender Weise bereits von Noll[1] nachgewiesen worden. Abgeschnittene Blätter, die im Aquarium mittels eines Spiegels von unten beleuchtet wurden, bildeten ausnahmslos nur auf den belichteten Unterseiten Neuanlagen aus, woraus hervorgeht, daß der Ort der Neubildung in erster Linie vom Lichte bestimmt wird. Die

---

[1] Fr. Noll, Über den Einfluß der Lage auf die morphologische Ausbildung einiger Siphoneen. Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg, III. Bd., 1888, p. 470 ff.

Digitized by Google

im Dunkeln horizontal auf dem Sande liegenden zwölf Blätter brachten es im ganzen nur auf drei Neuanlagen, die alle auf der Oberseite erschienen. Ein sicherer Schluß auf den Einfluß der Schwerkraft ist aber in diesem Falle, wie Noll bemerkt, wegen der zu geringen Anzahl der Neubildungen nicht möglich; es konnte hier auch der Zufall im Spiele gewesen sein.

Meine Beobachtungen machen es aber zumindestens sehr wahrscheinlich, daß bei Lichtabschluß der Ort der Neubildungen von der Schwerkraft bestimmt wird: die physikalische Oberseite des Blattes ist es, auf der die Neuanlagen entstehen. Da aber durch das kleine Loch im Deckel des Blechzylinders, durch welches der Kautschukschlauch mit dem Glasröhrchen eingeführt wurde, immerhin eine von der Zimmerdecke reflektierte minimale Lichtmenge von oben her in das Kulturgefäß eindringen konnte, so ist die obige Schlußfolgerung mit einer gewissen Reserve auszusprechen. Daß bei Noll's Versuchen im Dunkeln nur ganz wenige Neuanlagen gebildet wurden, bei meinen Versuchen dagegen zahlreiche, kann aus dem Grunde nicht überraschen, weil Noll mit isolierten Blättern, ich dagegen mit ganzen, gut eingewurzelten Pflanzen experimentierte.

Daß der Ort der Neubildung von Prolifikationen nicht nur durch das Licht, sondern eventuell auch durch die Schwerkraft bedingt wird, ist auch aus ökologischen Gründen sehr wahrscheinlich. Die stiftchenförmigen Neuanlagen an den Blättern dürften unter natürlichen Verhältnissen nur dann gebildet werden, wenn eine Verdunklung der Blätter, mögen diese intakt geblieben oder abgerissen worden sein, durch Überdeckung mit einer Sand- oder Schlammschicht erfolgt ist. Da nun die Ausbildung negativ geotropischer, spitzer Ästchen zweifellos die Bedeutung hat, die lebende Substanz des verschütteten Blattes wenigstens teilweise wieder an das Tageslicht zu bringen und so ihre Fortexistenz zu sichern, so wäre es höchst zweckwidrig, wenn diese Ästchen auf den Unterseiten der Blätter entstehen würden. Auch die konisch zugespitzte, zylindrische Form der Ästchen, wodurch diese in hohem Maße befähigt sind, eine darübergelagerte Sand- oder Schlammschicht

Digitized by Google

zu durchbohren, ist sicher als eine nützliche Anpassung zu deuten.

Es wäre nicht ohne Interesse, festzustellen, ob nicht auch bei anderen Meeres- und Süßwasseralgen durch Verdunklung mittels Sand- oder Schlammschichten latente geotropische Eigenschaften geweckt werden, welche die verschütteten Pflanzen in stand setzen, entweder direkt durch geotropische Krümmung oder durch Vermittlung negativ geotropischer Neubildungen sich aus der sie überlagernden Sand- oder Schlammschicht gewissermaßen wieder herauszuarbeiten.

III.

Um die geotropischen Krümmungen der im Dunkeln entstandenen Ästchen von *Caulerpa prolifera* richtig beurteilen zu können, war vorerst die Wachstumsweise der Ästchen, insbesondere die Verteilung ihres Längenwachstums zu untersuchen.

Schon vor mehr als 60 Jahren hat Nägeli[1] aus der dichteren und minder dichten Anordnung der an die Zellmembran ansetzenden Zellulosefasern auf die Wachstumsweise der Stengel- und Blattspitzen geschlossen. In den Stengelspitzen »stehen die Fasern an den vorderen Enden ganz eng ineinander; nach hinten rücken sie bis auf einen gewissen Punkt allmählich auseinander«. An den eingebuchteten Blattspitzen sind die obersten, jüngsten Fasern, die in der Flächenansicht des Blattes als feine Punkte erscheinen, durchschnittlich 0·0015 bis 0·002‴ voneinander entfernt. »Je weiter dieselben sich vom Punctum vegetationis entfernen, desto größer werden sie und desto mehr rücken sie voneinander. An ausgebildeten Blättern sind diese Punkte oder die Fasern durchschnittlich um 0·150‴ voneinander entfernt.« Nägeli folgert daraus, daß dem eigentlichen Spitzenwachstum durch neue Membranbildung bis zu einer gewissen Entfernung von der Spitze noch ein »Wachstum durch Ausdehnung« folgt, eine interkalare Streckung, wie man heutzutage zu sagen pflegt.

[1] C. Nägeli, *Caulerpa prolifera* Ag. Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik; herausgegeben von Schleiden und Nägeli, I. Bd., Zürich 1844, p. 139 ff.

Digitized by Google

Später hat auch Janse[1] auf Grund von Zählungen festgestellt, daß im Blatte die Zahl der Zellstoffasern »an der Basis am kleinsten ist und von dort an nach der Spitze hin zuerst langsam, dann aber schnell zunimmt«. Wenn er aber daraus die Folgerung ableitet, daß die neuen Balken ausschließlich oder doch fast ausschließlich an der äußersten Blattspitze gebildet werden, so kann man dem im Hinblick auf die Zahlenangaben in seiner zweiten Tabelle[2] nicht zustimmen. In dieser Tabelle werden die Faserzahlen für 18·3 μ lange und 220 μ breite, unmittelbar aufeinander folgende Blattzonen, berechnet auf 1 *mm*², mitgeteilt. In der Richtung von der Spitze zur Basis wurden folgende Zahlen ermittelt:

12000, 7040, 6270, 5830, 5940, 6100, 5610, 6600, 6490.

In der neunten Zone, 165 μ vom Scheitel entfernt, waren also noch mehr Zellulosebalken (6490) vorhanden als in der dritten Zone (6270), deren Entfernung vom Scheitel nur 55 μ betrug. Da nun in der zwischen diesen beiden Zonen befindlichen, dem Scheitel noch immer sehr nahen Strecke selbstverständlich noch ein sehr ausgiebiges Flächenwachstum der Membran stattgefunden hat, so folgt daraus, daß in dieser Strecke während ihres Wachstums zahlreiche Zellulosebalken zwischen den schon vorhandenen neu gebildet, d. h. interkalar eingeschaltet wurden. Nur so ist es zu erklären, daß die Zahl der Balken von der dritten bis zur neunten Zone nicht nur nicht abgenommen, sondern sogar etwas zugenommen hat.

In den im Dunkeln entstandenen Ästchen treten die ersten sehr zarten Zellulosefasern schon knapp unter dem Scheitel, zirka 0·1 *mm* von diesem entfernt, auf. Um Zählungen vornehmen zu können, wurden die vorher mit Alkohol fixierten Ästchen einige Stunden lang mit Javelle'scher Lauge behandelt, bis sie ganz durchsichtig geworden waren. Da bei der sehr ungleichen Entfernung der Insertionsstellen der Fasern brauch-

---

[1] J. M. Janse, Die Bewegungen des Protoplasma von *Caulerpa prolifera*. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, 21. Bd., 1889, p. 180 ff.

[2] L. c., p. 182.

Digitized by Google

bare Durchschnittswerte kaum zu erzielen sind, so nahm ich, gleich Janse, in verschiedenen Entfernungen vom Scheitel Zählungen der »punktförmigen« Ansatzstellen der Fasern für bestimmte Flächenstücke der Membran vor. Nachstehend teile ich die Resultate solcher Zählungen, die am Endstück eines 2 *cm* langen Ästchens vorgenommen wurden, in tabellarischer Form mit:

Nummer der Zone	Entfernung vom Scheitel	Größe des Flächenstückes	Zahl der Fasern	Zahl der Fasern pro 0·1 mm^2
I.....	0·1 *mm*	0·016 mm^2	27	168
II.....	0·5	0·034	38	112
III.....	1·0	0·032	34	106
IV.....	1·5	0·054	30	55
V.....	2·0	0·044	21	50

Die Anzahl der radialen Fasern pro Flächeneinheit ist also knapp unter dem Scheitel, wie schon Nägeli und Janse gefunden haben, am größten. In der Zone II und III ist die Zahl der Fasern pro Flächeneinheit ungefähr gleich groß (112 und 106; die Differenz von 6 fällt in den Bereich der Beobachtungsfehler). Es ist nun nicht anzunehmen, daß in der Strecke zwischen Zone II und III kein Längenwachstum mehr stattgefunden hat, weil ein solches zwischen Zone III und IV noch in ausgiebigem Maß erfolgt ist, wie dies aus der beträchtlichen Abnahme der Anzahl der Fasern (106 und 55) deutlich hervorgeht. Daraus folgt also, daß zwischen Zone II und III, d. i. in einer Entfernung von 0·5 bis 1 *mm* vom Scheitel, während des Längenwachstums eine interkalare Neubildung von radialen Zellstoffasern stattgefunden hat, so daß trotz des Flächenwachstums der Membran die Anzahl der Fasern pro Flächeneinheit keine nennenswerte Abnahme erfahren konnte. Eine solche interkalare Einschaltung neuer Fasern hat sicher auch schon zwischen Zone I und II stattgefunden, so daß auch hier

Digitized by Google

die wenn auch beträchtliche Abnahme der Faserzahl kein richtiges Bild vom Ausmaß des Längenwachstums zu geben vermag. Erst von der Zone IV, d. i. 1·5 *mm* vom Scheitel an, blieb die Anzahl der Fasern pro Flächeneinheit annähernd gleich groß, das Längenwachstum war (gleich dem Dickenwachstum) nahezu oder ganz erloschen.

Der interkalaren Einschaltung radialer Zellulosefasern im Endstücke des Ästchens entspricht es, daß die Fasern hier von sehr ungleicher Dicke sind, was schon von vornherein auf ihr ungleiches Alter hindeutet. Beweisend ist aber diese Tatsache für sich allein natürlich nicht.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß aus der Verteilung der radialen Zellulosefasern kein sicherer Schluß auf die Verteilung des Längenwachstums der Ästchen zu ziehen ist. Es war daher die Methode der künstlichen Markierung nicht zu umgehen, um verläßliche Resultate zu erlangen.

Zu diesem Zwecke wurden einzelne Pflanzen, deren Blätter reichliche Ästchen aufwiesen, aus den Kulturgefäßen in mit Meerwasser gefüllte, 12 *cm* hohe, 12 *cm* breite und 3 *cm* tiefe Glasküvetten gebracht und dabei so orientiert, daß die früher vertikal aufrechten Ästchen nunmehr horizontal standen. Eine besondere Fixierung der Pflanzen, respektive Blätter war meist nicht notwendig, da dieselben an den Wänden der engen Küvetten durch Reibung genügend festgehalten wurden. Nötigenfalls wurden zur Fixierung Glasstäbe zu Hilfe genommen. Die Markierung der Ästchen geschah in der Weise, daß auf die Wasseroberfläche Gips- oder Glaspulver gestreut wurde. Von den untersinkenden Körnchen und Splittern blieben einige an den Ästchen in verschiedenen Entfernungen von der Spitze haften und konnten nun als Marken benützt werden. Die Länge der einzelnen Zonen wurde mit Hilfe des Okularmikrometers eines Horizontalmikroskops bestimmt. Die Entfernung zweier Teilstriche des Mikrometers entsprach 20 μ. Bei der ersten Messung wurden die einzelnen Marken in ihrer Lage und Umrißform möglichst genau aufgezeichnet, um jene Fehlerquelle zu vermeiden, die aus einer nachträglichen Verschiebung der Marken durch kleine Tiere etc. erwachsen konnte. Nach der ersten Messung wurde die Glasküvette mittels eines innen geschwärzten

Digitized by Google

Sturzes aus Pappendeckel verdunkelt; die nächste Messung wurde nach 24 Stunden vorgenommen.

Nur wenige von den zahlreichen Ästchen, die ich auf diese Weise markiert hatte, lieferten brauchbare Versuchsresultate; gewöhnlich waren am nächsten Tage die Marken abgefallen, seltener verschoben. Immerhin konnte in einigen Fällen ein einwurfsfreies Ergebnis erzielt werden. Es waren das hauptsächlich solche Ästchen, die nach 24 Stunden noch keine oder keine nennenswerte geotropische Aufwärtskrümmung erfahren hatten.

In nachstehender Tabelle teile ich die an drei kräftig wachsenden Ästchen durchgeführten Messungen mit. Die einzelnen Längszonen sind vom Scheitel an basalwärts mit I, II, III... beziffert. Die Temperatur betrug 17 bis 19° C.

Nummer der Zone	Länge der Zonen in Skalenteilen des Okularmikrometers		Längenzuwachs in Prozenten
	zu Beginn des Versuches	nach 24 Stunden	
	A.		
I	11	22	100
II	11	17	54
III	17	22	29
IV	15	15	0
V	20	20	0
	B.		
I	13	40	207
II	10	18	80
III	20	30	50
IV	10	12	20
V	15	15	0
	C.		
I	13	35	169
II	27	33	22
III	20	24	20
IV	16	16	0

Digitized by Google

Aus diesen Zahlenangaben ergibt sich folgendes:

1. Die Gesamtlänge des im Längenwachstum begriffenen Endstückes des Ästchens *A* betrug höchstens 0·78 *mm*, des Ästchens *B* 1·06 *mm*, des Ästchens *C* 1·2 *mm*. Wie vorauszusehen war, ist die Gesamtlänge der Wachstumszone bei den einzelnen Ästchen eine ziemlich verschiedene; sie kann nach anderen Beobachtungen bis auf 1·5 *mm* ansteigen, andrerseits bis auf 0·5 *mm* sinken.

2. Der gesamte Längenzuwachs betrug innerhalb 24 Stunden beim Ästchen *A* 0·44 *mm*, beim Ästchen *B* 0·9 *mm*, beim Ästchen *C* 0·64 *mm*. Bezogen auf die Gesamtlänge der wachsenden Region betrug also der Längenzuwachs bei *A* 56%, bei *B* 85%, bei *C* 53%. Die Ästchen wachsen demnach langsamer als Wurzeln phanerogamer Pflanzen. Nach den von Sachs[1] mitgeteilten Zahlenangaben berechnet sich z. B. der Gesamtzuwachs zweier Keimwurzeln von *Vicia Faba* in 24 Stunden, bezogen auf die Gesamtlänge der wachsenden Region, auf 250%.

3. Die Wachstumsschnelligkeit ist in der Spitzenregion des Ästchens am größten und nimmt gegen das basale Ende der wachsenden Region zu erst rascher, dann langsamer ab. Ausgiebiges Spitzenwachstum kombiniert sich demnach mit nachträglicher interkalarer Streckung. Die Ästchen von *Caulerpa* nehmen hinsichtlich der Wachstumsverteilung gewissermaßen eine Mittelstellung zwischen den Wurzelhaaren, Rhizoiden von *Marchantia* und *Lunularia*,[2] Pilzhyphen[3] einerseits und den Wurzeln der höher entwickelten Pflanzen andrerseits ein. Denn bei ersteren findet nur Spitzenwachstum statt, bei letzteren ist die interkalare Streckung weit ausgiebiger als das Spitzenwachstum.

---

[1] J. Sachs, Über das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg, I. Bd., 1874, p. 417.

[2] Vergl. G. Haberlandt, Über die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkernes bei den Pflanzen. Jena 1886, p. 54 ff. — Derselbe, Über das Längenwachstum und den Geotropismus der Rhizoiden von *Marchantia* und *Lunularia*. Österr. bot. Zeitschrift, 1889, Nr. 3.

[3] M. O. Reinhardt, Das Wachstum der Pilzhyphen. Jahrbücher für wiss. Botanik, Bd. 23, 1892.

Digitized by Google

Schließlich muß noch bemerkt werden, daß die interkalare Streckung der wachsenden Ästchen durch experimentelle Eingriffe ganz oder fast ganz unterdrückt werden kann, so daß nur noch Spitzenwachstum stattfindet. Zu Beginn meiner Versuche trachtete ich ein Verfahren ausfindig zu machen, welches ein besseres Festhaften der als Marken dienenden Glassplitter bewirken sollte. Zu diesem Zwecke bepinselte ich die Ästchen rasch mit einer Gelatinelösung, der Glaspulver zugesetzt war, und brachte dann die Pflanze in die Glasküvette. Nach 24 Stunden waren die Ästchen an der Spitze häufig geplatzt, das Plasma war in Form eines erstarrten Klumpens ausgetreten. Diejenigen Ästchen aber, welche die Prozedur gut überstanden hatten, zeigten nunmehr ausschließliches Spitzenwachstum. Nachstehend ein Beispiel. Die Einrichtung der Tabelle ist dieselbe wie oben.

Nummer der Zone	Länge der Zonen in Skalenteilen des Okularmikrometers		Längenzuwachs in Prozenten
	zu Beginn des Versuches	nach 24 Stunden	
I	15	45	200
II	30	30	0
III	40	40	0
IV	27	27	0
V	28	28	0

Dieses Beispiel lehrt zugleich, daß das Spitzenwachstum der mit einer dünnen Gelatinehülle versehenen Ästchen gegenüber dem der auf gewöhnliche Weise markierten Ästchen keineswegs zurückbleibt. Auf welche Weise die Gelatinehülle die interkalare Streckung zum Stillstande bringt, ist ungewiß, doch kann es sich kaum um eine rein mechanische Hemmung handeln. Bezüglich der Wurzeln hat Pfeffer[1] gefunden, »daß

[1] Vergl. Pfeffer, Jahrbücher für wiss. Botanik, Bd. 27, p. 482. — Fr. Hering, Über Wachstumskorrelationen etc. Jahrbücher für wiss. Botanik, Bd. 29, p. 144 ff.

Digitized by Google

durch Einschmelzen in Gelatine die Wachstumsverteilung in der Wurzel nicht wesentlich verändert wird«.

IV.

Bekanntlich nimmt die geotropische Krümmung eines Organs zumeist in der am schnellsten wachsenden Region desselben ihren Anfang. Wenn aber die Perzeptionszone nicht mit der am schnellsten wachsenden Partie zusammenfällt, so pflegt die Krümmung in der der Perzeptionsstelle am nächsten liegenden Region zu beginnen; erst etwas später dehnt sie sich auf die am stärksten wachsende Region aus. Rothert[1] hat dies für die Keimblattscheiden der Gräser, Czapek[2] für Wurzeln nachgewiesen.

Unter der Voraussetzung, daß das geotropische Perzeptionsvermögen annähernd gleichmäßig über die ganze Länge der im Wachstum begriffenen Endpartie der Ästchen von *Caulerpa* verteilt ist, müßte man erwarten, daß nach der Horizontallegung die Krümmung in der am schnellsten wachsenden Endzone beginnen würde. An der Spitze hätte zunächst eine scharfe Krümmung einzutreten, die sich dann basalwärts allmählich verflachen müßte. Von einer solchen Form der Krümmung ist aber in Wirklichkeit nichts zu sehen. Die geotropische Krümmung beginnt vielmehr in einer ziemlich weit hinter dem Scheitel gelegenen Zone, in der das Längenwachstum schon viel langsamer verläuft als in der Endregion.

24 Stunden nach erfolgter Horizontallegung der Ästchen war in der Regel die Endpartie von 2 bis 2·5 *mm* Länge in flachem Bogen um 15 bis 30° geotropisch aufwärts gekrümmt (Fig. 4, 5), wobei die stärkste Krümmung in einer 0·5 bis 0·7 *mm* langen Zone, die 0·5 bis 0·7 *mm* hinter dem Scheitel begann, zu beobachten war. Die im schnellsten Längenwachstum begriffene Endzone war oft fast ganz gerade.

---

[1] W. Rothert, Über Heliotropismus. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. 7, 1896, p. 189.

[2] Fr. Czapek, Über den Nachweis der geotropischen Sensibilität der Wurzelspitze. Jahrbücher für wiss. Botanik, Bd. 35, p. 361 ff.

Digitized by Google

Die Zone, in der die geotropische Krümmung beginnt, liegt manchmal unmittelbar vor den schon ausgewachsenen Teilen, ist also die am langsamsten wachsende Zone. In einem Falle war der Endteil des Ästchens durch zwei Marken in zwei gleich lange Zonen I und II von je 0·32 *mm* Länge geteilt worden. Nach 24 Stunden war die Endzone (I) um 0·58 *mm* gewachsen und fast ganz gerade geblieben; die Zone II dagegen, in welcher die geotropische Krümmung fast ausschließlich erfolgt war, hatte auf der Oberseite (Konkavseite), wo sich die Marken befanden, gar kein Längenwachstum erfahren; die auf Grund einer möglichst genauen Zeichnung ausgeführte Konstruktion ergab für die Unterseite (Konvexseite) einen Längenzuwachs von zirka 0·07 *mm*. Der Krümmungswinkel betrug zirka 40°.

Nach einigen Tagen ist die geotropische Aufwärtskrümmung beendet. Der oberhalb der Krümmungszone befindliche Teil des Ästchens steht wieder vertikal aufrecht. Der Krümmungsbogen zeigt zuweilen keinen gleichmäßigen Verlauf, sondern zwischen flacheren Bogenstücken treten solche mit kürzerem Krümmungsradius auf (Fig. 3) — eine Erscheinung, die ich seinerzeit auch an den sich positiv krümmenden Rhizoiden von *Marchantia* und *Lunularia* beobachtet habe. Perioden energischerer Reaktion wechseln also mit solchen schwächerer Reaktion ab. Ob dies auf einem Wechsel des Grades der geotropischen Empfindlichkeit oder des Reaktionsvermögens beruht, bleibt unentschieden. Manche Ästchen vermochten sich überhaupt nicht wieder ganz aufzurichten, sondern wuchsen in mehr oder minder schräger Richtung nach aufwärts geradlinig weiter. Ob bei genügend langer Beobachtung schließlich nicht doch die Einstellung in die Lotlinie erfolgt wäre, ist eine offene Frage.

Die mit einer dünnen Gelatinehülle versehenen Ästchen (vergl. oben p. 587), die zunächst nur Spitzenwachstum zeigten, wiesen 24 Stunden nach der Horizontallegung noch keine geotropische Krümmung auf. Dieselbe trat erst nach einigen Tagen ein, als der durch Spitzenwachstum erzielte Zuwachs sich soweit verlängert hatte, daß nunmehr auch die interkalare Streckung wieder zur Geltung kam.

Digitized by Google

Sehr lehrreich sind die Erscheinungen, welche sich bei inverser Vertikalstellung der Ästchen (die Spitzen abwärts gerichtet) einstellen. Nach 24 Stunden läßt sich zwar eine schwache geotropische Krümmung der hinter der Endzone gelegenen Region wahrnehmen, in der Verlängerung dieser gekrümmten Zone liegt aber nicht die ursprüngliche Endzone, sondern ein unter dieser neuangelegter Scheitel, der also eine seitliche Auszweigung vorstellt (Fig. 6). Die ursprüngliche Endzone von ungefähr 0·2 *mm* Länge ist durch den neuen, höckerförmigen Vegetationspunkt aus ihrer Lage gebracht und zurückgedrängt worden, so daß sie trotz der schwachen geotropischen Krümmung der darunter befindlichen Zone nach wie vor vertikal abwärts oder sogar in entgegengesetzter Richtung etwas schräg abwärts orientiert ist. Besonders auffallend ist ferner, daß diese von der geotropischen Aufrichtung ausgeschlossene Endzone schon nach 24 Stunden abgestorben oder wenigstens im Absterben begriffen ist. Das im Scheitel befindliche Plasma ist zwar noch licht, der darunter befindliche Zellinhalt ist aber mißfarbig geworden, von braungelber Farbe und grenzt sich ziemlich scharf von dem ganz lichten, neuen Scheitel ab.

Nach 48 Stunden ist die geotropische Krümmung der hinter der neuen Vegetationsspitze gelegenen Zone noch etwas stärker geworden, die alte abgestorbene Spitze hat sich natürlich nicht verlängert und auch sonst nicht sichtbar verändert, die neue Spitze dagegen ist bereits ansehnlich gewachsen und schon länger als die alte (Fig. 7). Sie wächst horizontal oder etwas schräg abwärts geradlinig weiter, ohne die geringste Neigung zur geotropischen Aufwärtskrümmung zu zeigen.

Am dritten Tage ist das Bild im wesentlichen dasselbe. Die geotropische Krümmung der hinter der abgestorbenen Endzone befindlichen Region ist zum Stillstande gekommen, die neue Vegetationsspitze ist geradlinig weitergewachsen. Erst am vierten oder fünften Tage, bei langsamem Wachstum noch später, wenn die neue Spitze ungefähr so lang geworden ist, wie die gesamte, im Längenwachstum begriffene Region der vertikal aufwärts wachsenden Ästchen, beginnt sich dieselbe

Digitized by Google

in gleicher Weise geotropisch aufzurichten wie ein horizontal gelagertes Ästchen. Zuweilen wächst das neue Seitenästchen noch eine Zeitlang horizontal weiter, bevor es sich geotropisch aufwärts krümmt (Fig. 8).

Die im Dunkeln entstandenen negativ geotropischen Ästchen von *Caulerpa prolifera* erfahren also durch die Inversstellung insofern eine schwere Schädigung, als ihre Vegetationsspitze bald abstirbt. Unter ihr entsteht seitlich ein neuer Vegetationspunkt.

Die gesamte geotropische Aufwärtskrümmung geht in zwei scharf voneinander geschiedenen Phasen vor sich: zuerst erfolgt eine schwache geotropische Krümmung des primären Ästchens und dann nach entsprechender Pause eine ausgiebige Krümmung des sekundären Ästchens. Dementsprechend lassen sich auch an dem ganzen sympodialen Krümmungsbogen zwei räumlich getrennte Abschnitte unterscheiden, die dort ineinander übergehen, wo die abgestorbene primäre Vegetationsspitze dem Krümmungsbogen aufsitzt.

Dieser meines Wissens bisher einzig dastehende Modus der geotropischen Aufrichtung bei inverser Stellung des parallelotropen Organs gibt zu manchen Fragen Veranlassung, auf die ich die Antwort schuldig bleiben muß. Warum stirbt überhaupt die primäre Vegetationsspitze in inverser Stellung ab? Sinken in ihr Protoplasma, respektive in dessen Hautschicht spezifisch schwerere Körperchen hinab, welche destruierend wirken oder geht seitens des neugebildeten Vegetationspunktes ein schädigender Einfluß auf den primären aus? Wird die Lage des neuen Vegetationspunktes durch die Krümmungsrichtung der dahinter gelegenen Zone der primären Achse bestimmt oder ist das Umgekehrte der Fall? Ein genaueres Studium dieser Korrelationen lag außerhalb des Planes meiner Arbeit und hätte auch Zeitmangels halber unterbleiben müssen.

V.

Im vorstehenden Abschnitte wurde gezeigt, daß die geotropische Krümmung der horizontal gelegten Ästchen nicht in der am schnellsten wachsenden Endregion, sondern in einer

Digitized by Google

dahinter gelegenen Zone beginnt; der geotropische Krümmungsbogen umfaßt einen ziemlich langen Abschnitt des Ästchens, die Endzone ist aber daran nicht beteiligt. Es liegt nun kein Grund zu der Annahme vor, daß die Perzeption des Schwerkraftreizes in einer anderen Zone erfolgt als in der, welche die geotropische Krümmung ausführt. Nichts spricht dafür, daß die Geoperzeption, wie bei den Wurzeln, in der Spitze des Ästchens stattfindet und daß demnach von hier aus eine Reiztransmission nach dem Reaktionsort eintritt. Diese Möglichkeit wäre nur dann ins Auge zu fassen, wenn die Scheitelregion nicht die Zone schnellsten Längenwachstums wäre. Da sie es aber ist, so würde sie zweifellos auch am frühesten und schnellsten die geotropische Krümmung ausführen, wenn sie überhaupt im stande wäre, den Schwerkraftreiz zu perzipieren.

Haben wir aber in jener Zone des Ästchens, in welcher die geotropische Krümmung vor sich geht, zugleich die reizperzipierende Zone zu erblicken, so taucht nunmehr die Frage auf, ob in dieser Region, der Statolithentheorie entsprechend, spezifisch schwerere Körperchen nachweisbar sind, welche auf die Plasmahaut der physikalisch unteren Membranpartie einen Druck ausüben.

Das Vorkommen von Stärke im Zellinhalte von *Caulerpa prolifera* hat bereits Nägeli[1] nachgewiesen. Die kleinen Stärkekörnchen haben nach ihm eine längliche, auf der einen Seite konvexe, auf der anderen Seite abgeplattete Gestalt und entstehen unter dem mit »Schleim« gefüllten Punctum vegetationis einzeln oder zu mehreren »nicht unmittelbar im Zelleninhalt, sondern in besonderen kleinen Schleimzellchen«. »Wenn diese Stärkekörner fertig gebildet sind, so werden die Bläschen resorbiert.« Nägeli hat demnach bereits die Entstehung der Stärkekörner von *Caulerpa* in Leukoplasten beobachtet.

Später hat Janse[2] das Vorhandensein von farblosen »Amyloplasten« bloß vermutungsweise angegeben.

---

[1] L. c., p. 138, 149, 150.

[2] L. c., p. 200.

Digitized by Google

Wenn man den Stengel einer frisch aus dem Meere geholten *Caulerpa* durchschneidet, so kann man in seinem ausfließenden, milchsaftähnlichen Inhalt reichlich Stärkekörner beobachten, welche eine längliche, eiförmige Gestalt besitzen und häufig, wie dies schon Nägeli angegeben, auf einer Längsseite abgeplattet, ja zuweilen schwach konkav sind (Fig. 9 *a, b*). Ihre Länge beträgt 4 bis 7 μ. Bei genügend starker Vergrößerung läßt sich deutlich beobachten, daß die Stärkekörner in Leukoplasten liegen, deren Stroma um den breiteren Teil des Stärkekornes eine äußerst dünne Schichte bildet, am spitzeren Ende desselben dagegen eine abgerundete, dickere Kappe darstellt. Das Stärkekorn ist also im Leukoplasten exzentrisch gelagert. Im kappenförmigen Teil des Leukoplasten habe ich stets ein kleines, ziemlich stark lichtbrechendes, nach Jodzusatz sich nicht bläuendes Körnchen oder Tröpfchen gefunden, das sich in Alkohol teilweise löst und zu einem winzigen Reste zusammenschrumpft. Über die Natur dieses Körnchens weiß ich nichts näheres anzugeben. Ich fand es auch schon in jenen sehr kleinen, rundlichen Leukoplasten, die in ihrem Inneren noch keine Stärkekörnchen aufweisen (Fig. 9 *c*). Diese stärkelosen Leukoplasten besitzen ungefähr dieselbe Größe und Gestalt, wie die recht kleinen Chlorophyllkörner der Blätter, in denen zuweilen ganz am Rand ein kleines, stäbchenförmiges Stärkekorn vorkommt.

Größere Stärkekörner wie in den Leukoplasten habe ich in Chlorophyllkörnern nie beobachtet.

In den im Dunkeln entstandenen Ästchen lassen sich noch nach mehrwöchentlicher Verdunklung sehr zahlreiche, allerdings schon winzig kleine Stärkekörnchen nachweisen (Fig. 10 *b*). Sie besitzen eine stäbchenförmige, zuweilen etwas gekrümmte Gestalt, sind durchschnittlich 3 μ lang und kaum 1 μ dick und treten hauptsächlich in den inneren Teilen des Plasmakörpers auf, in den Belegen der Zellstoffbalken und in den strömenden Plasmasträngen. In dem die Scheitelregion ausfüllenden Plasma kommen sie gar nicht oder nur vereinzelt vor.

Außer dieser feinkörnigen »Wanderstärke« im Inneren des Plasmakörpers treten auch in dem in Ruhe befindlichen

Digitized by Google

plasmatischen Wandbelege[1] Stärkekörner auf. Dieselben sind zum Teile von gleicher Größe und Gestalt wie die Körnchen der Wanderstärke, zum Teil aber sind sie rundlich gestaltet und etwas größer als diese; auch treten häufig zusammengesetzte Körner auf, die aus 2 bis 5 Teilkörnern bestehen. Dieser Unterschied zwischen den beiderlei Stärkekörnern ist gewöhnlich nur wenig auffallend, zuweilen wird er aber größer und in einem Falle war er besonders ausgeprägt. In diesem Ästchen von 12 *cm* Länge fanden sich knapp unter der Zellmembran in einer Zone, die 0·5 *mm* hinter dem Scheitel begann und zirka 4 *mm* lang war, fast ausschließlich und in gleichmäßiger Verteilung relativ große, zusammengesetzte Stärkekörner vor. Sie bestanden aus 2 bis 5 Teilkörnern und besaßen eine meist rundliche, oder auch unregelmäßige Gestalt (Fig. 10 *a*); ihr Durchmesser betrug 4 bis 8 μ, im Durchschnitt 6 μ. Pro Gesichtsfeld (0·068 mm^2) zählte ich durchschnittlich 35 solcher Stärkekörner, was 514 Körner pro 1 mm^2 ergibt. Übergangsformen zwischen diesen und den um vieles kleineren, zirka 3 μ langen und 1 μ dicken Körnchen der Wanderstärke ließen sich nicht beobachten.

In der die geotropische Krümmung ausführenden Region der Ästchen treten also im ruhenden protoplasmatischem Wandbelege Stärkekörner auf, die sehr wohl als Statolithen fungieren können. Inwieweit in der Größe und Gestalt dieser Stärkekörner eine Anpassung an die Statolithenfunktion vorliegt, muß unentschieden bleiben.

Daß die Stärkekörner im Wandbelege nicht auf größere Entfernungen hin verschiebbar sind und bei horizontaler Lage der Ästchen keine einseitige Ansammlung zeigen, ist begreiflich. Sie würden ja sonst in der geotropischen Gleichgewichtslage des Ästchens abwärts sinken und der plasmatische Wandbeleg der geotropisch empfindlichen Zone wäre dann gegebenenfalls stärkefrei, die geotropische Reizung könnte nicht erfolgen.

---

[1] Daß in den Blättern von *Caulerpa prolifera* der die Hauptmenge der Chlorophyllkörner enthaltende plasmatische Wandbeleg sich in relativer Ruhe befindet, hat bereits Janse nachgewiesen (l. c., p. 183, 184, 200).

Digitized by Google

Überhaupt wird man in allen nicht zellulär gebauten, respektive einzelligen, geotropisch empfindlichen Pflanzenorganen entweder gleichmäßig im ganzen Plasmaschlauche verteilte, relativ wenig bewegliche Statolithen erwarten dürfen, von denen dann nach Störung des geotropischen Gleichgewichtes nur die den physikalisch unteren Wandpartien anliegenden in Aktion treten — oder es müssen im Plasmakörper eigene Statozysten (Vakuolen) fixiert sein, in denen leicht bewegliche Statolithen enthalten sind. Als ein Beispiel für den ersten Typus können die Ästchen von *Caulerpa* namhaft gemacht werden; ein Beispiel für den zweiten Typus sind nach Giesenhagen[1] die Wurzelhaare von *Chara*, vielleicht auch die Endvakuolen von *Closterium* mit ihren Gipskriställchen.

Zu Gunsten der Auffassung, daß die im ruhenden plasmatischen Wandbeleg der *Caulerpa*-Ästchen auftretenden Stärkekörner als Statolithen fungieren, spricht in hohem Maße der nachstehende Versuch.

Am 27. März wurde eine *Caulerpa*-Pflanze mit zwei Blättern aus dem verdunkelten Kulturgefäß in die Glasküvette gebracht und so orientiert, daß die an jedem Blatte vorhandenen, schön entwickelten, aufrechten Ästchen horizontal standen. Das eine Blatt (*A*) war kleiner, von hellgrüner Farbe, gegen die Spitze zu etwas verbleicht; seine acht Ästchen waren in der unteren Hälfte blaßgrün, in der oberen milchweiß. Das zweite Blatt (*B*) war größer, dunkler grün, seine zwölf Ästchen zeigten bis auf die 1 *mm* lange, milchweiße Spitze eine schön grüne Färbung.

Nach 24 Stunden waren drei Ästchen des Blattes *A* an der Spitze geplatzt; die übrigen zeigten, obwohl sie ansehnlich in die Länge gewachsen waren, keine Spur einer geotropischen Aufwärtskrümmung. Dagegen waren alle Ästchen des Blattes *B* in flachen Bögen geotropisch aufwärts gekrümmt. Der Erhebungswinkel betrug 25 bis 40°.

[1] K. Giesenhagen, Über innere Vorgänge bei der geotropischen Krümmung der Wurzeln von *Chara*. Berichte der deutschen bot. Ges., Bd. 19, 1901. Die Einwände, welche vor kurzem Zacharias (Über Statolithen bei *Chara*, ebenda, Bd. 23, 1905, p. 358) gegen die Deutung der Glanzkörperchen als Statolithen geltend gemacht hat, kann ich nicht für zutreffend halten.

Digitized by Google

Nun wurde in die Glasküvette Jodjodkaliumlösung gegossen, um die Plasmakörper zu fixieren und die Stärkekörner zu bläuen. Nach einer halben Stunde schnitt ich die Ästchen ab und untersuchte sie mikroskopisch.

In den Ästchen des Blattes *A*, die sich nicht geotropisch gekrümmt hatten, enthielt der plasmatische Wandbeleg bis gegen die Scheitelregion zu dichtgedrängt farblose Chromatophoren von der Größe und Gestalt der Chlorophyllkörner, aber keine Spur von Stärke. In den Ästchen des Blattes *B*, welche geotropische Krümmungen zeigten, waren aber, zwischen den wandständigen Chlorophyllkörnern gleichmäßig verteilt, ziemlich zahlreiche Stärkekörner von wechselnder Größe und rundlicher Gestalt vorhanden. Bei genauer Einstellung ließ sich bestimmt ermitteln, daß diese Stärkekörner dicht unter der Zellwand lagen.

Die Ästchen mit wandständigen Stärkekörnern hatten sich also geotropisch gekrümmt, die stärkelosen dagegen nicht. Ich erblicke darin einen Beweis für die Annahme, daß jene Stärkekörner in den negativ geotropischen Ästchen von *Caulerpa* als Statolithen fungieren. Man wird dagegen wahrscheinlich wieder einwenden, daß gleichzeitig mit dem Verschwinden der Stärke möglicherweise auch die geotropische Sensibilität verloren gegangen sei. Bisher ist aber noch niemals auch nur der Versuch gemacht worden, den Nachweis zu erbringen, daß die Sensibilität gerade in dem Zeitpunkt erlischt, in dem die Stärke verschwindet.

Das vollständige Fehlen der Stärkekörner in der am schnellsten wachsenden Scheitelzone der Ästchen macht es auch verständlich, warum in dieser keine geotropische Krümmung eintritt. Denn wenn selbst in der Scheitelregion das Plasma sensibel sein sollte, was ich nicht für wahrscheinlich halte, so könnte es doch mangels der Statolithenstärke nicht gereizt werden. Eine Reizleitung von den dahinter gelegenen geotropisch krümmungsfähigen Zonen aus findet aber offenbar nicht statt; zumindestens löst sie keine Krümmung aus.

Digitized by Google

Auf den Transversalgeotropismus des »Rhizoms« von *Caulerpa* und auf den positiven Geotropismus ihrer »Wurzeln« hat bereits Reinke[1] hingewiesen. Inwieweit die für die negativ geotropischen Ästchen ermittelten Tatsachen auch für jene Organe Geltung besitzen, müssen künftige Untersuchungen lehren.

---

[1] J. Reinke, Über *Caulerpa*. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. Neue Folge, Bd. 5, Kiel 1899, p. 79.

Digitized by Google

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Ein »Blatt« von *Caulerpa prolifera* mit den im Dunkeln entstandenen, negativ geotropischen Ästchen. Natürliche Größe.

Fig. 2 bis 5. Geotropische Krümmungen der horizontal gelagerten Ästchen. Fig. 4 und 5 nach einem Tage, Fig. 2 nach zwei Tagen, Fig. 3 nach drei Tagen. Vergr. 20.

Fig. 6. Ein invers gelagertes Ästchen (Spitze nach abwärts) nach einem Tage. Die Vegetationsspitze ist abgestorben, darunter hat sich links ein neuer Scheitel gebildet. Vergr. 30.

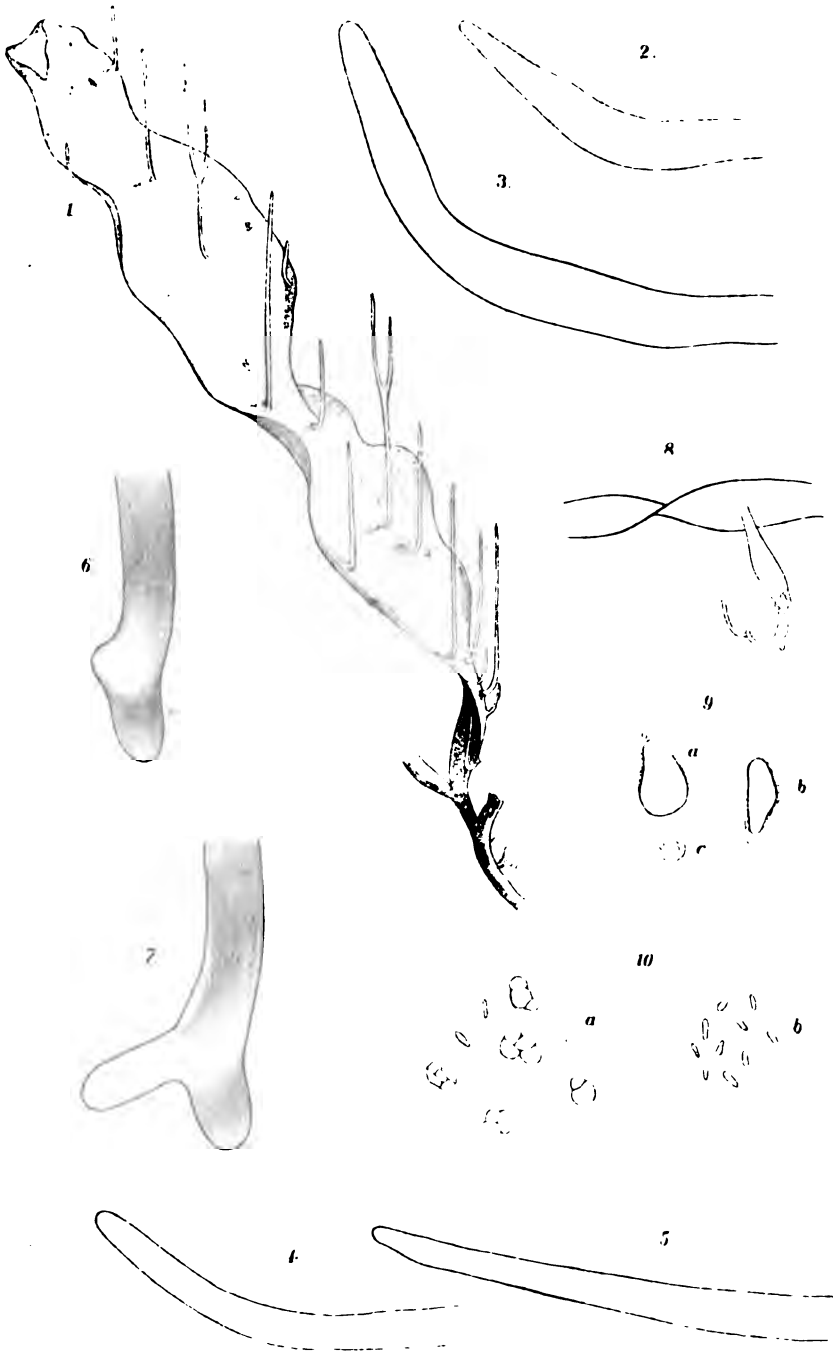
Fig. 7. Dasselbe Ästchen nach zwei Tagen.

Fig. 8. Zwei invers gelagerte Ästchen nach acht Tagen; die neugebildeten Seitenästchen haben sich schließlich geotropisch aufwärts gekrümmt. Natürliche Größe.

Fig. 9. Leukoplasten aus dem Rhizom von *Caulerpa prolifera*; *a* und *b* mit je einem großen Stärkekorn, *c* ohne Stärke. Vergr. 1400.

Fig. 10. Stärkekörner eines mehrere Wochen alten Ästchens; *a* zusammengesetzte Stärkekörner im ruhenden plasmatischen Wandbeleg, *b* stäbchenförmige Körner der »Wanderstärke« im Inneren des Protoplasten. Vergr. 700.

Digitized by Google



Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXV. Abth. III. 1906.

Digitized by Google

Digitized by Google

Nestler A., Myelin und Eiweißkristalle in der Frucht von *Capsicum annuum* L. Sitz Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 477—492.

Myelin und Eiweißkristalle in der Frucht von *Capsicum annuum* L.
Nestler A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 477—492.

Eiweißkristalle und Myelin in der Frucht von *Capsicum annuum* L.
Nestler A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 477—492.

Capsicum annuum L., Myelin und Eiweißkristalle in der Frucht.
Nestler A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 477—492.

Rebel H., Ergebnisse einer zoologischen Forschungsreise von Dr. Franz Werner nach Ägypten und dem ägyptischen Sudan. III. *Auchmophila Kordofensis*, eine neue Psychidengattung und -Art, nebst Verzeichnis der übrigen gesammelten Lepidopteren.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 493 – 502.

Psychidengattung und -Art, neue, aus dem ägyptischen Sudan.
Rebel H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906) p. 493—502.

Lepidopteren aus dem ägyptischen Sudan.
Rebel H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 493—502.

Zahlbruckner A., Beitrag zur Flechtenflora Kretas.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 503—523.

Kreta (Flechten).
Zahlbruckner A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 503—523.

Digitized by Google

Nestler A., Myelin und Eiweißkristalle in der Frucht von *Capsicum annuum* L.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 477—492.

Myelin und Eiweißkristalle in der Frucht von *Capsicum annuum* L.
Nestler A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 477—492.

Eiweißkristalle und Myelin in der Frucht von *Capsicum annuum* L.
Nestler A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 477—492.

Capsicum annuum L., Myelin und Eiweißkristalle in der Frucht.
Nestler A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 477—492.

Kebel H., Ergebnisse einer zoologischen Forschungsreise von Dr. Franz Werner nach Ägypten und dem ägyptischen Sudan. III. *Anchor phila Kordofensis*, eine neue Psychidengattung und -Art, nebst Verzeichnis der übrigen gesammelten Lepidopteren.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 493—502.

Psychidengattung und -Art, neue, aus dem ägyptischen Sudan.
Kebel H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 493—502.

Lepidopteren aus dem ägyptischen Sudan.
Kebel H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 493—502.

Zahlbruckner A., Beitrag zur Flechtenflora Kretas.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 503—523.

Kreta (Flechten).
Zahlbruckner A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 503—523.

Abt. I, April.

Digitized by Google

Flechten Kretas.
Zahlbruckner A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 503—523.

Grund A., Die Probleme der Geomorphologie am Rande von Trockengebieten.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 525—551.

Geomorphologie, Die Probleme der — am Rande von Trockengebieten.
Grund A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 525—551.

Trockengebiete, Die Probleme der Geomorphologie am Rande von —.
Grund A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 525—551.

Pauksch J., Das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 553—575

Pflanzengewebe, Magnetisches Verhalten derselben.
Pauksch J., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 553—575

Haberlandt G., Über den Geotropismus von *Caulerpa prolifera*.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 577—598.

Caulerpa prolifera, Geotropismus derselben.
Haberlandt G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 577—598.

Geotropismus von *Caulerpa prolifera*.
Haberlandt G., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 577—598.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse erscheinen vom Jahre 1888 (Band XCVII) an in folgenden vier gesonderten Abteilungen, welche auch einzeln bezogen werden können:

Abteilung I. Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Kristallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physischen Geographie und Reisen.

Abteilung II a. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Astronomie, Physik, Meteorologie und Mechanik.

Abteilung II b. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Chemie.

Abteilung III. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie des Menschen und der Tiere sowie aus jenem der theoretischen Medizin.

Von jenen in den Sitzungsberichten enthaltenen Abhandlungen, zu deren Titel im Inhaltsverzeichnisse ein Preis beigesetzt ist, kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und können durch die akademische Buchhandlung Alfred Hölder, k. u. k. Hof- und Universitätsbuchhändler (Wien, I., Rothenthurmstraße 13), zu dem angegebenen Preise bezogen werden.

Die dem Gebiete der Chemie und verwandter Teile anderer Wissenschaften angehörigen Abhandlungen werden auch in besonderen Heften unter dem Titel: »Monatshefte für Chemie und verwandte Teile anderer Wissenschaften« herausgegeben. Der Pränumerationspreis für einen Jahrgang dieser Monatshefte beträgt 14 K — 14 M.

Der akademische Anzeiger, welcher nur Originalauszüge oder, wo diese fehlen, die Titel der vorgelegten Abhandlungen enthält, wird, wie bisher, acht Tage nach jeder Sitzung ausgegeben. Der Preis des Jahrganges ist 5 K — 5 M.

Digitized by Google

Digitized by Google

L. Sc-e 386.4

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXV. BAND. V. HEFT.

JAHRGANG 1906. — MAI.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

(MIT 1 KARTENSKIZZE, 2 TAFELN UND 17 TEXTFIGUREN.)

WIEN, 1906.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN KOMMISSION BEI ALFRED HÖLDER,

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER.

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

Digitized by Google

INHALT

des 5. Heftes, Mai 1906, des CXV. Bandes, Abteilung I, der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse.

Seite

Pöch R., Dritter Bericht über meine Reise nach Neu-Guinea (Neu-Süd-Wales, vom 21. Juni bis 6. September 1905, Britisch-Salomonsinseln und Britisch-Neu-Guinea bis zum 31. Jänner 1906). [Preis: 50 h — 50 pf] 601

Doelter C., Die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen. (Mit 6 Textfiguren.) [Preis: 1 K 10 h — 1 M 10 pf] 617

Höhnel F., v., Fragmente zur Mykologie (II. Mitteilung, Nr. 64 bis 91). (Mit 2 Textfiguren.) [Preis: 1 K 40 h — 1 M 40 pf] 649

Hillebrand S., Serpentin und Heulandit (vierte Mitteilung über die Darstellung der Kieselsäuren). (Mit 1 Textfigur.) [Preis: 80 h — 80 pf] 697

Doelter C., Die Silikatschmelzen. (IV. Mitteilung.) (Mit 2 Tafeln und 6 Textfiguren.) [Preis: 1 K 90 h — 1 M 90 pf] 723

Diener C., Beiträge zur Kenntnis der mittel- und obertriadischen Faunen von Spiti. [Preis: 75 h — 75 pf] 757

Friedberg W., Das Miozän der Niederung von Nowy Targ (Neumarkt) in Galizien. (Mit 2 Textfiguren und 1 Kartenskizze.) [Preis: 70 h — 70 pf] 779

Preis des ganzen Heftes: 4 K 95 h — 4 M 95 pf.

Digitized by Google

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXV. BAND. V. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Digitized by Google

Digitized by Google

Dritter Bericht über meine Reise nach Neu-Guinea

(Neu-Süd-Wales, vom 21. Juni bis 6. September 1905, Britisch-Salomonsinseln und Britisch-Neu-Guinea bis zum 31. Jänner 1906)

von

Rudolf Pöch.

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. April 1906.)

Die ersten Wochen in Sydney benützte ich zum Studium der Sammlungen im Australian Museum, namentlich der ethnologischen. Am 16. Juli begab ich mich nach dem Clarence-Distrikt im Norden von Neu-Süd-Wales, um an australischen Ureinwohnern anthropologische Studien zu machen. Am 10. September schiffte ich mich in Brisbane nach Britisch-Neu-Guinea ein, auf einem Dampfer, der zuerst die britischen Salomonsinseln anlief. Am 7. Oktober kam ich in Samarai an, von wo ich mich in der folgenden Woche nach der Nordostküste begab und Cape Nelson zum Standquartier machte. Auf der dortigen Governementsstation wurde ich vom Resident Magistrate G. O. Manning gastfreundlich aufgenommen und in meinen Arbeiten in jeder Weise unterstützt. Zunächst nahm ich an etwa 50 Eingeborenen aus der Gegend von Cape Nelson genaue Messungen vor und machte Typenphotographien. In der Woche vom 6. bis 11. November fanden große Tänze auf der Regierungsstation statt, zu denen über 700 Leute kamen. Ich hatte reichlich Gelegenheit, die Tänze mit dem Kinematographen und die Gesänge mit dem Phonographen des Phonogrammarchivs festzuhalten. Vom 17. November bis zum 5. Dezember bereiste ich mit G. O. Manning in dem Regierungs-

Digitized by Google

kutter »Murúa« die Collingwood- und Goodenough-Bay, wobei sich viele Gelegenheit zu vergleichenden ethnologischen und anthropologischen Beobachtungen bot.

Am 13. Dezember begann ich prähistorische Ausgrabungen in Wanigda, Collingwood-Bay, in großen Abfallshügeln, die vor einigen Jahren entdeckt, aber noch von keinem Fachmann besichtigt und systematisch durchsucht waren. Die Ausbeute waren Topfscherben weit höherer keramischer Technik als heute irgendwo im Gebiete und eine verzierte Muschelschale; alle Ornamente sind wesentlich verschieden von den heute üblichen; außerdem exhumierte ich vier mehr oder weniger vollständige Skelette.

In den letzten Wochen in Cape Nelson sammelte ich Material zur Kenntnis des Totemsystems des Kworafi-Stammes.

Am 4. Jänner 1906 verließ ich Cape Nelson und begab mich, einer Einladung des Gouverneurs Kapitän F. R. Barton folgend, nach Port Moresby an die Südküste von Neu-Guinea. Dort kam ich gerade an zur Zeit der Rückkehr der »Lakatoi's«, großer Segelfloße, auf denen die Motu-Leute jährlich einmal eine mehrmonatliche Expedition nach dem Westen unternehmen, um gegen ihre Töpfe Sago einzukaufen. Da diese Reisen mit besonderen Zeremonien, Gesängen, Tänzen u. s. w. verbunden sind, so war die Zeit meiner Anwesenheit besonders günstig zur Beobachtung und Erkundung darauf bezüglicher Dinge.

Von Port Moresby wurde ich über Yule Island und Daru auf dem Gouvernementsdampfer nach Thursday Island gebracht, wo ich am 1. Februar 1906 ankam.

I. Ureinwohner von Neu-Süd-Wales.

Dieser fast ganz ausgestorbene Teil der australischen Rasse ist nur noch in ganz kleinen Gruppen oder einzelnen Individuen erhalten, die über das Areal des großen Staates verstreut leben. Nur wenige dieser »New South Wales Aboriginals« sind wirklich reinrassig; die meisten sind mit europäischem Blute gemischt. Meine Wahl war trotzdem auf diesen Teil der australischen Ureinwohner gefallen, da ich zu meinem Vergleiche mit der papuanischen und melanesischen Rasse ein von der Beimischung letzterer sicher freies Material brauchte,

Digitized by Google

und mir außerdem jede Untersuchung in einer Völkergruppe wertvoll erschien, deren Existenz in absehbarer Zeit aufgehört haben wird.

Die Schwierigkeit der Wahl des Ortes wurde behoben durch einen freundlichen Rat des Kurators des »Australian Museum« R. Etheridge jun., der meine Aufmerksamkeit auf den Clarencedistrikt lenkte und mir die wenigen dort lebenden reinrassigen Ureinwohner als gute Vertreter der australischen Rasse empfahl.

Ich fand die Eingeborenen in kleinen Gruppen zunächst in einem Lager bei Copmanhurst am Clarence-River, dann in zwei Lagern bei Grafton und einem bei South-Grafton und schließlich eine größere Menge, letztere allerdings zum größten Teile mit europäischem Blute gemischt, im »Grafton Home«, einem vom Staate Neu-Süd-Wales geschaffenen Asyl. Bei 22 der Leute, die ich gesehen, gemessen und photographiert habe, besteht kein Zweifel über die Reinheit der Rasse.

Die äußere Betrachtung und Messung ergab ein von den in Neu-Guinea gesehenen Rassen ganz verschiedenes Bild. Der auffallendste Unterschied liegt in dem viel stärkeren Vorspringen der Augenbrauenwülste, dem um so mehr Bedeutung zukommt, als die Nasenwurzel viel höher liegt; dann in dem flachwelligen, nicht krausen Haar.

Um außer den Messungen und Photographien noch ein weiteres Vergleichsmaterial zu haben, erwarb ich zwei Skelette erwachsener Australier, ein Kinderskelett und acht weitere Schädel, von denen einer wegen seiner kolossal vorspringenden Augenbrauenwülste interessant ist und etwas an einen Tasmanierschädel zu erinnern scheint; dann einen Gipsabguß eines Schädels aus dem Australian Museum. Schließlich wurden noch zwei Gipsmasken von zwei typischen, reinrassigen Ureinwohnern von Neu-Süd-Wales abgegossen, einem Manne und einer Frau.

II. Britisch-Salomonsinseln.

Es wurden folgende Plätze angelaufen: Rura-Sura, Aola, Nils Island (Hauptinsel Quadalcanar), Gavuto und Gezo (gegenüber von Choiseul). Die Bevölkerung ist von melanesischem

Digitized by Google

Typus, den Neu-Irländern recht ähnlich, nur heller, besonders auf den südlichen Inseln.

Die Stellung der Buka-Leute[1], einer ganz dunklen Bevölkerungsgruppe inmitten hellerer, erschien mir dadurch umso rätselhafter.

Auf den Inseln scheint überall Totemismus zu herrschen.

III. Britisch-Neu-Guinea (Papua).[2]

1. Tänze und Gesänge der Eingeborenen der Nordostküste von Britisch-Neu-Guinea (Papua), von Cape Vogel bis zum Musa-River.

Am einfachsten sind die Tänze im Osten (Cape Vogel), am kompliziertesten und lebhaftesten im Nordwesten (Mambari-River). Das Gesicht sah ich immer unverhüllt, es sind also keine Maskentänze; Tänze, die auf Totemkult und andere religiöse Zeremonien Beziehung hätten, sah ich auch nie, sondern immer nur Kriegs- und Siegestänze und Verwandtes.

Der Tanzschritt ist immer auf dieselben Elemente zurückzuführen, nämlich ein Vorschleifen des Fußes und zweimaliges Niedersetzen der Ferse, das Bein ist im Knie- und Hüftgelenk etwas gebeugt. Tanzschritt und Körperbewegungen eines jungen Tänzers aus dem Norden, wo der Tanz seine höchste Vollendung erreicht (am Mambari-River) müssen dem europäischen Auge als etwas durchaus Ästhetisches und Kunstvolles erscheinen. Der Takt zum Tanze ist, dem Schritte entsprechend, ein zweiteiliger und wird von kleinen Handtrommeln (Holztrommeln, mit Eidechsenfell überspannt), welche der Tänzer selbst schlägt, angegeben. In der Regel ist der Tanz von Gesang begleitet, mitunter, namentlich bei raschen und lebhaften Tänzen, fehlt er.

Frauen und Mädchen beteiligen sich am Cape Vogel regelmäßig an den Tänzen, gehen jedoch nur außen im Schritt

---

[1] Vergleiche zweiter Bericht.

[2] Durch Parlamentsbeschluß wurde seit Ende 1905 für den englischen Teil der alte, ursprüngliche Name der Insel »Papua« wieder eingeführt.

Digitized by Google

mit; im Collingwood-Bay und um Cape Nelson begleiten sie ebenfalls häufig die Tänze der Männer.

Der Tanz selbst wird fast immer in Viererreihen aufgeführt und besteht in Auflösung und Vereinigung dieser Reihen in großer Variation. Beim Tanze wird ein großer Kopfschmuck getragen, bestehend aus den langen Schnäbeln der Nashornvögel, Paradiesvogel-, Kasuar- und Papageienfedern.

Die Melodien der Gesänge[1] sind höher entwickelt als alle früher in Deutsch-Neu-Guinea gehörten. Meist, aber nicht immer, sind die gesungenen Worte den Leuten selbst unverständlich.

2. Reise auf der »Murúa« entlang den Küsten von Collingwood- und Goudenough-Bay.

Zuerst wurde Pusu-Pusu in Collingwood-Bay angelaufen und von dort gegen den Südostwind angekreuzt, wobei wir bis Goudenough Island kamen und Eingeborene in ihren Kanu's sahen. Darauf wurde Yassiassi nahe bei Cape Vogel erreicht und von dort wurden einige in Land gelegene Dörfer besucht. Die Bevölkerung ist von hier an stark mit dem melanesischen Element von den Inseln gegenüber gemischt und von ihm beeinflußt.

Der nächste Ankerplatz war Mosquito Island in Goudenough-Bay, von da wurde der ganze innere Teil der Bucht bis zum gegenüberliegenden Boiana teils zu Fuß, teils mit Kanu's bereist. Nach Mosquito Island zurückgekehrt, wurde noch das nahe gelegene Menapi besucht und dann die Rückfahrt nach Cape Nelson angetreten.

Die eingewanderte melanesische Bevölkerung drängt in Goudenough-Bay das papuanische Element von der Küste zurück. Im innersten Winkel dieser Bucht sind im Dorfe Ládine alle Häuser nach melanesischem Typus ohne Pfeiler unmittelbar auf dem Erdboden erbaut, etwa eine Stunde landeinwärts liegen auf den Hügeln Dörfer mit Häusern auf Pfählen und Bewohnern von anderem Typus und mit anderer Sprache.

---

[1] Die Gesänge u. s. w. sind besprochen in den Berichten an das Phonogrammarchiv.

Digitized by Google

Gegenüber von Mosquito Island, im Dorfe Uira und in Menapi glaube ich eine gegenseitige Beeinflussung dieser beiden Typen von Hausbau zu sehen: der Wohnraum steht zwar auf Pfählen, aber das Haus ist außen mit Mattenwänden bis nach unten verkleidet, so daß es von außen wie ein unmittelbar auf dem Erdboden stehendes Haus aussieht.

3. Prähistorische Ausgrabungen in Wanigéla (Collingwood-Bay).

Im Dorfe Wanigéla befinden sich drei lange Erdhügel, etwa $1^1/_2$ bis 2 *m* hoch und ursprünglich jeder 100 *m* bis 200 *m* lang. Zwei dieser Hügel wurden bei der Anlage einer Missionsstation abgegraben und man fand sie voll von Topfscherben. Die heutige Bevölkerung, die zwar auch wieder sehr eifrig mit Topfindustrie beschäftigt ist, hat aber keine Beziehung zu diesen Resten früherer Keramik und besitzt auch keine Tradition über die Erzeuger derselben.

Von dem früheren Resident Magistrate C. A. W. Monckton wurden Proben dieser Töpferei an das British Museum gesendet und der Fund ist in dem letzten Annual Report von British New Guinea beschrieben.

Ich begann den dritten, bisher noch unberührten Hügel quer zu durchstechen und stieß, etwa 1 *m* unter der Oberfläche auf vier Skelette, die, nach Lage und Vollständigkeit zu urteilen, dort begraben waren. Gerätschaften waren den Toten nicht beigegeben.

Ich möchte für diese Begräbnisstätte folgende Erklärung geben: Größere Abfallshügel gibt es in jeder Niederlassung. Ich erinnere mich, im Dorfe Uiáku ein Haus gesehen zu haben, welches, offenbar der höheren und luftigeren Lage wegen, auf einem Teile des dortigen Abfallshügels erbaut war. Die Leute pflegen fast überall in diesen Gegenden ihre Toten unter dem Hause zu begraben. So mag auf dem eröffneten Hügel bei Wanigéla auch einmal ein Haus der früheren Ortsbewohner gestanden sein.

Als Begräbnishügel oder Tumuli sind die besprochenen Abfallshügel jedenfalls nicht aufzufassen.

Außerdem fand ich in dem Hügel Knochen vom Schwein, Scherben und Henkel von Töpfen, Muschelschalen, die teils als

Digitized by Google

Schmuck, teils zum Schneiden verwendet waren, teils nur den Überrest der Mahlzeiten vorstellen. Alles bis 1 *m* Tiefe Gefundene wurde von dem bis 2 *m* Tiefe Ausgegrabenen getrennt aufgehoben.

Außerdem begannen die Eingeborenen auf eigene Faust an anderen Stellen zu graben, darunter auch an einem weiteren Hügel, eine gute Strecke landeinwärts, den ich nicht sehen konnte. Auch brachten sie besonders schöne Stücke zum Verkaufe herbei, die sie früher einmal gefunden und in den Häusern als Rarität aufbewahrt hatten.

Sehr mannigfaltig sind die Topfhenkel gestaltet, von denen ich eine große Menge bekam. Sie werden dadurch besonders merkwürdig, daß die heutigen Wanigéla-Leute keine Henkel an ihre Töpfe zu machen verstehen.

Bei der Auswahl der Scherben war die verschiedene Form und die Ornamentik maßgebend. An Stärke, Größe und schöner Ausführung sind diese alten Stücke der jetzigen Keramik weit überlegen, die Ornamente sind von den heute üblichen vollständig verschieden. In eine Muschelschale ist eine Verzierung eingeschnitzt, wie sie der heutigen Kunst dort ganz fremd ist, außerdem besteht die Technik, Muscheln zu verzieren, nicht mehr.

Der Fund von Spuren einer Bevölkerung, deren Kultur zweifellos eine höhere war, überrascht auf Neu-Guinea sehr und war nicht zu erwarten. Ich neige, soweit ich die Verhältnisse heute überblicken kann, zu der Annahme, daß es sich um eine Einwanderung eines höher kultivierten Volkes von den weiter südöstlich gelegenen Inselgruppen des stillen Ozeans handelt.

4. Anthropologie und Ethnologie des Kworáfi-Stammes.

Während meines mehrmonatlichen Aufenthaltes in Cape Nelson hatte ich Gelegenheit, mich hauptsächlich mit dem in der nächsten Umgebung wohnenden Stamme der Kworáfi zu beschäftigen.

Die Kworáfi sind mesocephal (mit Neigung zur Dolichocephalie), mittelgroß und mittelkräftig von durchschnittlich dunkleren Hautfarbe als die Monumbo[1]. Sie sind wohl durch

[1] Siehe erster Bericht.

Digitized by Google

eine Vermischung papuanischer und melanesischer Elemente entstanden.

In ihrer Sprache[1] konnte ich keine der von S. Ray und P. W. Schmidt angegebenen Merkmale der melanesischen Sprachen finden.

Um Kenntnis von Mischungen und Wanderungen der Stämme zu bekommen, wurden an vielen benachbarten Stämmen Messungen vorgenommen: den Okéna, Maisim, Arifámu, Winiápi, Barigi, Baifa, »Doréri« (Sammelname für Inlandvölker), in Yassiassi, auf Mosquito Island und in Boiána.

Bei den Kworáfi besteht ein wahrscheinlich in Verfall geratenes Totemsystem: In der Regel hat jeder nur ein Totemtier, meist ist es ein Vogel. Die Zugehörigkeit zum betreffenden Tiere vererbt sich väterlicherseits. Bei der Verheiratung nimmt die Frau das Totemtier des Mannes an, der Mann respektiert aber auch das Totemtier der Frau, ebenso die Kinder das Totemtier der Muttter; immer aber nennen sie das Totemtier des Vaters als das, zu dem sie gehören. Angehörige desselben Totemtieres wohnen in derselben zusammenhängenden Häusergruppe (unter einem Dach), in demselben Dorfe wohnen aber Angehörige verschiedener Totemtiere. Die Zugehörigkeit zu ein und demselben Totemtiere ist kein Ehehindernis.

5. Die Lakatoi-Expeditionen des Motu-Stammes.

Alljährlich werden von einigen größeren Ansiedlungen des Motu-Stammes große Segelfloße nach dem Westen entsendet, um für ihre Tontöpfe Sago einzutauschen. Das Motu-Land bringt nämlich während der langen Trockenzeit gar nichts hervor, so daß diese Expeditionen eine natürliche Abwehr einer jährlich wiederkehrenden Hungersnot vorstellen. Das Flachland im Golf von Papua mit den großen Sümpfen an den Flußmündungen ist sehr reich an Sago. Als Tauschmittel benützen die Motu ihre Tontöpfe, auf deren Erzeugung sie durch den vorzüglichen Ton in ihrem Lande hingewiesen werden, während im Westen das Material dazu fehlt.

---

[1] Aufnahmen mit dem Archivphonographen.

Digitized by Google

Gegen Ende des Südostwindes fahren die Segelfloße westwärts, also etwa im Oktober. Die Zeit der Windstille benützen sie, um in die Flußmündungen hinauf zu rudern (beziehungsweise das Floß mit Stangen zu stoßen) und ihr Handelsgeschäft abzuwickeln; mit Einsetzen des Nordwest, also etwa im Jänner kehren sie heim.

Diese Lakatoi's sind sehr große Segelfloße. Ich sah mehrere, deren jedes aus 14 einzelnen, ungewöhnlich großen Kanu's (Assi) zusammengebunden war und wohl mehr als 100 Tonnen Sago trug.

Die Lakatoi-Expeditionen sind das Hauptereignis im Leben des Motu-Mannes. Ihre Geschichte ist von einem Kreise von Sagen umwoben, die jährliche Aussendung und Heimkehr der Fahrzeuge mit religiösen Zeremonien, Tänzen und Gesängen[1] verbunden.

Es wurden die drei Motu-Dörfer Hanuabáda, Tanobáda und Eliwára bei Port Moresby während des Aufenthaltes täglich besucht und viele photographische Aufnahmen über Häuserbau, Töpferei, Tatuierung und die Lakatois gemacht, auch Aufnahmen belebter Szenen mit dem Kinematographen (Biosko) wurden versucht. Außerdem wurde das etwa 30 Meilen östlich gelegene Motu-Dorf Tupuseleio besucht.

Während meines Aufenthaltes in Port Moresby konnte ich folgende Küstenstämme sehen (von Osten nach Westen): Hula, Maifa, Motu-Motu, Kaimari und Kiwai. Von Bergleuten die Koitapu, die nun auch neben den Motu am Ufer wohnen; die Koiari und Kagi. Letztere, ganz aus der Hauptkette des Hochgebirges kommend, überraschen durch ihre verhältnismäßig schmalen und hohen Nasen und die geringe Prognathie; die Hula, ein Fischervolk, durch die helle Hautfarbe und oft fast blonden Haare. Hula und Motu scheinen vom Osten eingewandert zu sein.

---

[1] Vergleiche Berichte an das Phonogrammarchiv.

Digitized by Google

Anhang zum dritten Bericht.

1. Tropenhygienische Beobachtungen.

Die Eingeborenen des kleinen Mosquito-Islands (Goudenough-Bay, British New Guinea) leiden auffallend viel an sehr bösen Fußgeschwüren. Die meist großen, mit einem wuchernden Granulationsgewebe bedeckten Wunden heilen oft erst nach Jahren und lassen Narben zurück, die zu Deformation und wesentlicher Beeinträchtigung der Funktion der Extremität führen können. Der fast überall auf der Insel nackt zu Tage tretende, äußerst scharfe Korallenboden gibt fortwährend Gelegenheit zu Verletzungen. Süßes Wasser zum Waschen der Wunden fehlt und außerdem geht den Leuten merkwürdigerweise jeder medizinische Instinkt zur Behandlung dieser Wunden ab.

In Yassiassi sah ich bei einer Frau ein ausgebreitetes Granuloma venericum. Auf den Trobriands-Inseln gibt es jetzt ein Regierungshospital, hauptsächlich zur Behandlung einer venerischen Erkrankung, die nach sehr verläßlichen Beschreibungen ebenfalls mit dem in Deutsch-Neu-Guinea vorkommenden Granuloma venericum[1] identisch ist.

Die in Deutsch-Neu-Guinea gesehene Hautschuppenkrankheit (überall kurz »Ringwurm« genannt) ist auch über Britisch-Neu-Guinea verbreitet. An der Nordostküste nimmt die Krankheit von Westen nach Osten zu. Ihre Verbreitung scheint sehr von der Reinlichkeit der betreffenden Stämme abzuhängen. Unter den Motu-Leuten, die sich sehr häufig baden, kommt sie fast gar nicht vor. In den englischen Hospitälern werden Schwefelfumigationen mit gutem Erfolg angewendet.

Was die hygienische Erziehung der Kolonisten zur Malaria-Prophylaxis anlangt, so wurde vom Gouvernement ein Rundschreiben der Liverpooler Tropenärzte Stephens und Christophers zur allgemeinen Kenntnis gebracht, das die Maßregeln zur Verminderung der Zahl der Moskitos und die Trennung der europäischen und Eingeborenenquartiere zum

---

[1] Ursprung sind die melanesischen Inseln (Neu-Island u. s. w.). Vergleiche ersten Bericht.

Digitized by Google

Gegenstande hat. Das Chinin wird aber meist noch verkehrt genommen, nämlich im Fieberanstieg, anstatt während oder nach dem Abfall, was bekanntlich die Disposition zum Schwarzwasserfieber erhöht.

Ich persönlich blieb bei regelmäßigem Gebrauch der Koch'schen Chininprophylaxe (jeden 8. und 9. Tag 1 *g*) in Britisch-Neu-Guinea ganz fieberfrei.

2. Nachträge zur Anthropologie.

Die australischen Ureinwohner besteigen die hohen, glatten, eine weite Strecke hinauf astlosen Eucalyptusbäume oft ganz frei, den Baum mit der linken Hand halb umklammernd, in der rechten die Axt haltend, mit der sie in sehr großen Abständen nur ganz seichte Einkerbungen für die erste Zehe schlagen[1]; man wäre geneigt, in der größeren Freiheit[2] der ersten Zehe oder in stärker entwickelten Muskelgruppen eine Erklärung dieser auffallenden Erscheinung zu suchen. Es ist mir aber ein sicheres Beispiel eines Europäers[3] bekannt, der durch Übung in früher Jugend ebenso klettern konnte wie die Australier. Auch in Deutsch Neu-Guinea sah ich im Lande aufgewachsene Knaben an vertikalen Pfosten mit angestemmten Füßen hinauflaufen wie Eingeborene.

Überall nach Spuren einer Zwergrasse suchend, fiel mir zuerst in Yassiassi (bei Cape Vogel) ein Mann von nur 142 *cm* Körperhöhe und äußerst grazilem Körperbau auf, der im Gesichtstypus von der anderen Bevölkerung abstach und dunklere Hautfarbe hatte. Vater und Bruder sollen ebenfalls klein sein. Später sah ich Leute von der Insel Fergusson (D'Entrecosteaux-Gruppe), die fast durchwegs unter 150 *cm* waren; zwei maßen nur 140·3 und 142·5 *cm*. Von verläßlicher Seite wurde mir mitgeteilt, daß die Messung eines auffallend kleinen Mannes der benachbarten Insel Normanby nur 129·6 *cm* (!) Körperhöhe ergab. Die Bewohner dieser Inseln haben die Schleuder als Waffe und sind ein Bauernvolk mit festen Wohnsitzen.

---

[1] Photographien und Rindenstücke im Australian Museum, Sydney.

[2] Für die Weddahs zuerst von P. und F. Sarasin gezeigt.

[3] Sohn des Herrn Savidge in Copmanhurst, Neu-Süd-Wales.

Digitized by Google

Über Nomaden liegt aus Britisch-Neu-Guinea nur ein Gerücht vor, welches einen »Kukukuku« genannten Stamm nördlich von Mekéo (Südküste) betrifft. Sie sind Pfeil- und Bogenschützen, überfallen häufig die Nachbarstämme und sollen im Walde umherstreifen, ohne feste Wohnsitze.

Die Agaiámbo (richtig Aghándi) am Barigi-River (Nordostküste von Britisch-Neu-Guinea), über die vor nicht langer Zeit aufsehenerregende Nachrichten durch die Presse gingen, die sie als Menschen mit Schwimmhäuten an den Füßen schilderten, konnte ich, trotzdem ihr Wohnsitz nicht entfernt von Cape Nelson liegt, nicht besuchen, weil die Gegend zur Regenzeit ganz unter Wasser steht. Resident Magistrate G. O. Manning, der die Leute selbst gesehen und photographiert hatte, legte mir wohlgelungene Photographien zur Ansicht und Messung vor, die mich davon überzeugten, daß es sich nur um Deformität und Atrophie der Unterschenkel und Füße handeln kann. Die Leute bringen tagtäglich einen großen Teil der Zeit in Kanu's knieend oder hockend zu und haben fast nie Gelegenheit, auf festem Boden zu gehen.

3. Photographie.

Neben der Reisekamera mit dem Formate 9×12 *cm* wurde diesmal auch ein größere Kamera, 13×18 *cm* angewendet; die Vorteile des größeren Formates zeigten sich namentlich bei den anthropologischen Typenaufnahmen. Bei diesen wurde als Hintergrund eine gleichmäßig grau getonte Leinwand gebraucht, die Schattenseite wurde durch einen Reflektor aufgehellt (zerlegbarer Rahmen mit Leinwand überspannt).

Es wurde außerdem auch eine stereoskopische Kamera verwendet, die ebenfalls besonders zu anthropologischen Aufnahmen gut zu gebrauchen war, da durch sie ein getreues Bild von dem Relief des Gesichtes gegeben wird: Prognathie, Vorspringen der Augenbrauenbogen, Gestalt der Nase u. s. w.

Schließlich wurden Versuche mit einem Kinematographen (Bioskopkamera) gemacht, um belebte und bewegte Szenen festzuhalten und zu reproduzieren. Die erste Gelegen-

Digitized by Google

heit hiezu gaben die Tänze in Cape Nelson, es wurden aber später auch verschiedene Szenen aus dem Dorfleben aufgenommen; die meisten Bewegungen der primitiven Menschen sind recht verschieden von denen der hochentwickelten Rassen. Daher ist auch schon die Wiedergabe des Gehens, Niedersetzens, Tragens u. s. w. mit dem Bioskop äußerst lehrreich. Die Wiedergabe des Tatuierens, der Topffabrikation, des Zurechtschlagens von Steinwerkzeugen können von besonderem ethnologischen Werte sein. Kleine Proben der Filmrollen wurden entwickelt, um sich von der richtigen Expositionsdauer und Geschwindigkeit des Ablaufes zu überzeugen. Damit ist aber noch nicht der Beweis erbracht, daß die Versuche mit dem Bioskop gelungen sind. Es muß erst abgewartet werden, ob die äußerst empfindlichen Films auch noch den Rücktransport aushalten und ob sie zu erfolgreicher Reproduktion geeignet sein werden.

4. Aufnahmen mit dem Archivphonographen.

Mit dem zu dieser Reise mitgegebenen, ganz neuen Phonographen wurden 72 Aufnahmen für das Phonogrammarchiv gemacht.[1] Es wurden verschiedene, schwer nachzuahmende Laute verschiedener eingeborenen Sprachen festgehalten; ferner Zahlwörter, einzelne Worte, freie Erzählungen, Lieder und Chorgesänge, Spiel mit Instrumenten (Flöte, Maultrommel und Handtrommel); ferner Ausrufen und Schreien, Lachen und eine Beschwörungsformel.

5. Ethnologisches Sammeln.

Die Zahl der gesammelten Objekte wurde um rund 1000 Stücke erhöht. Aus verschiedenen Orten in Collingwood-Bay stammt eine große Anzahl von Baumbastkleidern (Männer- und Weiberschürzen) mit farbigen Ornamenten, deren Bedeutung ermittelt wurde, von Cape Nelson alle Arten Trauerschmuck, aus den Samenkörnern von *Coix Lacryma*, Tanzschmuck besonders drei große Kopfschmucke, verschiedene Arten Steinkeulen, ferner andere Waffen und Werkzeuge. Aus Port

[1] Davon sind zwei Platten als »geworfen« auszuscheiden.

Digitized by Google

Moresby große Bambustrommeln, wie sie nur während der Fahrt auf den Lakatois gebraucht werden.

6. Zoologisches Sammeln.

Die Zahl der gesammelten und präparierten Häute und Bälge wurde auf 266 erhöht. Darunter sind Paradiesvögel mit zehn Spezies vertreten: *Manu codia, Parota sixpennis, Cicinnurus regius, Diphyllodes chrysoptera, Ptilorhis paradisea* (davon auch die in Südwest-Wales vorkommende Varietät), *Paradisea raggiana, P. intermedia, P. minor, P. guileilmi, Seleucides nigra.* Von allen, die beiden ersten ausgenommen, sind Männchen und Weibchen vorhanden, von den fünf letzten auch junge Männchen in verschiedenen Stadien der Entwicklung ihres Schmuckes.

Ferner wurden einige Reptilien gesammelt, darunter eine Neu-Süd-Wales Schildkröte; von einer Neu-Guinea-Schildkröte konnte ich nur die Schilder bekommen.

Es wurden ungefähr 400 Insekten gesammelt, meist *Lepidoptera.*

7. Lebende Tiere.

Aus den blauen Bergen in Neu Süd-Wales wurden zwei ganz junge wilde Hunde (Dingos) nach Schönbrunn geschickt.[1]

In Britisch-Neu-Guinea wurden ein Kakadu von den Salomons-Inseln, ein Dorka-Känguruh und ein grauer Baumbär längere Zeit in Gefangenschaft gehalten, gingen aber schließlich ein.

Dagegen gelang es mir, nun schon durch sechs Wochen einen Ameisenigel lebend zu halten; es ist eine *Echidna aculeata*, var. *Lawesi,* Rams., aus Port Moresby. Derzeit ist die Nahrung, weiße Ameisen, leicht zu beschaffen. Die Schwierigkeit liegt darin, das Tier allmählich an Milch zu gewöhnen.

8. Beiträge zur Geologie

wurden gegeben in Photographien des Vulkans Mount Victory und der fjordartigen Einschnitte in seinem mächtigen Lavastrom

[1] Bisher konnte ich noch keine Nachricht über die Ankunft erhalten.

Digitized by Google

gegen Norden (Cape Nelson). Von dort wurden auch Gesteinsproben gesammelt. Ferner Photographien der Terrassenlandschaften des südlichen Ufers der Goudenough-Bay, welche gehobener Korallenboden sind.

Beiträge zur Botanik sind eine Reihe von Vegetationsbildern: lichter Eucalyptuswald in Australien; in Neu-Guinea: hohes Lalanggras, Mangrove, Cykaspalmen, *Ficus Rigo* u. s. w. Außerdem wurden einige auffallende Pflanzen (Schmarotzer) in Spiritus konserviert.

Merauke in Niederländisch-Neu-Guinea, am 16. Februar 1906.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen

von

C. Doelter,

k. M. k. Akad.

(Mit 6 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. April 1906.)

Die Anwendung der physikalischen Chemie auf die Abscheidung der Silikate im Schmelzflusse bietet nicht geringe Schwierigkeiten, denn es mußten einerseits die Methoden bei diesen hochschmelzenden Körpern stark modifiziert und zum Teil neue gefunden werden, andrerseits traten auch vom theoretischen Standpunkte vielfache Unterschiede von bisher untersuchten Stoffen auf, da die Viskosität Verzögerungen der Geschwindigkeit, mit welcher sich die Gleichgewichte einstellen, hervorbringt. Schon die Art und Weise der Abscheidung aus dem Schmelzfluß erfolgt nicht wie bei Legierungen nach dem eutektischen Schema, wie J. Vogt im vorhinein aus theoretischen Gründen annahm, und die einfachsten Vorgänge, wie die des Schmelzens und Erstarrens, zeigen gewisse Abweichungen von denen der bisher untersuchten Stoffe. Unsere Kenntnisse von den Zuständen in der Silikatschmelzlösung und von den Vorgängen bei der Erstarrung sind bisher sehr geringe gewesen, können aber nicht durch theoretische Betrachtungen allein, sondern durch gründliche experimentelle Durchforschung und Vermehrung des Tatsachenmaterials gefördert werden. Es scheint aber von Wichtigkeit, die Methoden der Forschung mit Bezug auf ihre Brauchbarkeit näher zu besprechen.

Digitized by Google

Die Bestimmung der Schmelz- und Erstarrungspunkte der Silikate.

Die Silikate zerfallen bezüglich ihres Schmelzpunktes in zwei Gruppen:

A. Solche mit scharfem Schmelzpunkte.

B. Solche, bei denen die Schmelzgeschwindigkeit so klein ist, daß zwischen dem Beginn des Schmelzens, dem Auftauchen von Partikeln der flüssigen Phase und dem völligen Verschwinden der festen Phase ein langer Zwischenraum von 60 bis 100° vorhanden ist; es ist also ein fester Schmelzpunkt hier kaum zu bestimmen, sondern ein unterer und ein oberer Punkt des Schmelzintervalles, was mit der Dissoziation im Zusammenhange steht.

Daher stimmen für erstere die Beobachtungen verschiedener Forscher gut überein, für letztere jedoch nicht mehr; es handelt sich dabei oft um beträchtliche Differenzen; diese können allerdings, aber wohl nur zum Teil, Verschiedenheiten der Methode zugeschrieben werden, in der Hauptsache handelt es sich um die Schwierigkeit, den Schmelzpunkt, respektive das Intervall zu bestimmen.

Diese Unterscheidung der zwei Gruppen konnte erst nach ausgedehnter Untersuchung durchgeführt werden, wobei aber betont werden muß, daß auch Übergänge zwischen jenen Abteilungen vorhanden sind. Zu der ersten Gruppe gehören nur einfache Ca-, Mg-, Fe-Silikate, Augite, Hornblenden, Olivine.

Dagegen zeigen die Alumo-Doppel-Silikate von der Form

$$\overset{II}{R}SiO_3 . Al_2SiO_5 \qquad \overset{I}{R_2}SiO_3 . Al_2Si_3O_9 \qquad \overset{I}{R_2}SiO_3 . Al_2Si_3O_9 . 2SiO_2$$

welche möglicherweise durch thermolytische Dissoziation in derartige Gruppen zerfallen, das erwähnte große Intervall; aber dieser Unterschied ist nicht der einzige zwischen den beiden Gruppen, denn weitere Unterschiede liegen in der verschiedenen Kristallisationsgeschwindigkeit und dem verschiedenen Kristallisationsvermögen, welche bei der ersten Gruppe beträchtlich größer sind als bei der zweiten. Es muß aber hervorgehoben werden, daß beide Gruppen durch Zwischen-

Digitized by Google

glieder ineinander übergehen, und zwar auch bezüglich der Viskosität der betreffenden Schmelzen, welche die Ursache des verschiedenen Verhaltens ist.

Es dürfte also immerhin ein Zusammenhang existieren zwischen chemischer Konstitution, Dissoziation, Schmelzpunktsintervall, Viskosität, Kristallisationsgeschwindigkeit der Silikate.

Einfacher konstituierte Silikate (Gruppe *A*) haben scharfen Schmelzpunkt, geringere Viskosität und größeres Kristallisationsvermögen. Komplexere Silikate (Gruppe *B*) haben ein großes Schmelzpunktsintervall, große Viskosität, geringere Kristallisationsgeschwindigkeit.

Nun zeigen bekanntlich Doppelsalze ein Schmelzintervall und man könnte versucht sein, die zweite Klasse als Doppelsalze zu betrachten und hat auch W. Meyerhoffer darauf aufmerksam gemacht, daß Doppelsalze keinen scharfen Schmelzpunkt haben, sondern ein Schmelzpunktintervall; ob aber deshalb die komplexeren Silikate etwa als Doppelsalze zu betrachten wären, ist auf Grund dieses Verhaltens nicht zu entscheiden; doch dürfte es sich hier um einen Zerfall in Komponenten im Schmelzfluß handeln.

Bestimmung der Schmelzpunkte der Mineralien.

Die Art und Weise der Bestimmung der Schmelzpunkte, d. h. die verschiedenen Methoden, habe ich schon früher geschildert.[1] Man kann entweder im Horizontalofen das Schmelzen beobachten, was aber weniger genau ist, oder im vertikalen elektrischen Ofen. Naheliegend war es, die thermische Methode anzuwenden, doch ist dies bei der Bestimmung der natürlichen Vorkommen schon deshalb schwierig, weil es schwer ist, reines Material in größeren Mengen, wie es diese Methode verlangt, zu erhalten. Abgesehen davon, stellt sich im Laufe der Untersuchung heraus, daß diese Methode nur bei den erstgenannten Silikaten *(A)* anwendbar ist. Bei den andern Silikaten ist die Schmelzgeschwindigkeit doch zu

[1] Silikatschmelzen I. diese Sitzungsberichte, 1904, Bd. 113.

Digitized by Google

gering, so daß ein Verweilen des Thermometers selten eintritt und in vielen Fällen ganz fehlt; die Zeittemperaturkurve hat daher keinen horizontalen Teil, was auch aus der Arbeit von Allen und Day über Feldspate hervorgeht. Den Verlauf der Kurven zeigt Fig. 1.

Eine Kurve wie die in *d* gezeichnete kommt meistens nur bei Augiten und solchen Verbindungen vor, bei denen dem Beginn des Schmelzens auch gleich die Verflüssigung folgt (Gruppe *A*).

Ein zweiter Fehler liegt im Mangel an Rühren, welches ja bei der thermischen Methode eine Bedingung der Genauigkeit der Bestimmung ist.

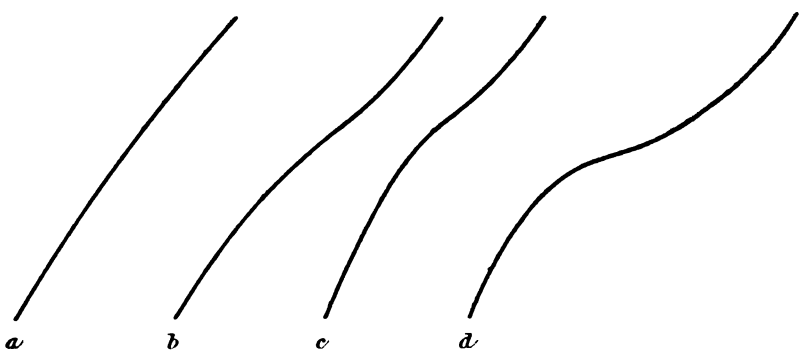


Fig. 1.

Auch Day und Allen erhielten ähnliche Kurven und nur Anorthit (d. h. das entsprechende künstliche Calciumaluminiumsilikat) zeigte eine ausgesprochene Kurvenneigung, doch war auch hier ein Stillstand des Thermometers während einer Minute nicht wahrzunehmen.[1]

Vergleich der thermischen und der optischen Methode.

Die Methoden zur Schmelzpunkts-, respektive Erstarrungspunktsbestimmung sind dieselben, die bei der polymorphen Umwandlung zur Bestimmung des Umwandlungspunktes dienen.

---

[1] Zeitschr. für physik. Chemie, 53, p. 24 (1906).

Digitized by Google

Bakhuis-Roozeboom[1] teilt sie ein in optische, thermische, volumetrische, elektrische. Von diesen ist, wie ich an anderem Ort ausgeführt habe, besonders die optische für Mineralien geeignet.[2] Die elektrische durch Bestimmung der Änderung der Leitfähigkeit ist vorläufig für Silikate technisch zu schwierig durchführbar, ebenso wie die volumetrische.

Ich hatte anfangs die thermische Methode für die genaueste gehalten, bin aber im Laufe meiner mehrjährigen Untersuchungen doch zu dem Resultate gelangt, daß sie eben nur bei wenigen Silikaten genaue Resultate gibt und daß man leicht bei der thermischen Methode ohne optische Untersuchung Irrtümer begehen kann. Ich komme zu dem Schlusse, daß die optische Methode die genaueste zur Bestimmung der Schmelzpunkte ist und daß die thermische Methode nur bei der Klasse *A* der Silikate ebenso genaue Resultate gibt wie die mikroskopische; auch bei den Feldspaten ist sie weniger zu empfehlen.

Dann möchte ich noch auf eine Fehlerquelle der thermischen Methode aufmerksam machen. Bei der Erhitzung eines elektrischen Ofens wird nicht immer eine langsam ansteigende Temperatur zu beobachten sein, sondern, da man ja gewöhnlich diese durch Ausschaltung von Widerstand erhöht, oft eine ruckweise; Konstantbleiben der Temperatur kann daher auch, ohne daß Schmelzen eintritt, beobachtet werden. Bei der Abkühlung einer Schmelze tritt dieser Fehler nicht ein, da man die erhitzte Schmelze in ein Bad von konstanter Temperatur bringt und abkühlen läßt. Die thermische Methode kann daher bei der Schmelzpunktsbestimmung von Silikaten im allgemeinen keinen hohen Grad von Genauigkeit erreichen; sie erfordert dazu auch sehr große Mengen, wobei aber leicht an einzelnen Stellen des Schmelzgefäßes Temperaturdifferenzen eintreten, da ja nicht gerührt werden kann; diese Unmöglichkeit des Rührens ist eine Fehlerquelle.

Zur optischen Bestimmung der Schmelzpunkte habe ich mehrere Methoden angewandt.

---

[1] Heterogene Gleichgewichte, I, p. 156.

[2] Physikalisch-chemische Mineralogie, p. 26.

Digitized by Google

1. Beobachtung von kleinen Splittern mit einem Fernrohr, wobei jene in einem elektrischen Horizontalofen (Heräus) auf einem Halter befestigt waren, neben welchem sich die Lötstelle des Thermoelementes befand. Die Methode zeigt aber nicht die nötige Genauigkeit, insbesondere nicht bei jenen Silikaten, die ein großes Schmelzintervall haben.

2. Beobachtung von kleinen, aus feinem Silikatpulver geformten Tetraedern, deren Kanten wie bei der erwähnten Methode mit dem Fernrohre beobachtet wurden, wobei schließlich das Pulver unter dem Mikroskop untersucht wird.

3. Das feine Pulver wird mit eingestecktem Thermoelement in einem Tiegel im Vertikalofen erhitzt; hiebei kombiniere ich die thermische Methode mit der Beobachtung der Festigkeit der Schmelze. Insbesondere läßt durch letztere sich ziemlich genau der Punkt, bei dem die Schmelze zu erweichen beginnt, und daher der untere Schmelzpunkt bestimmen; der obere Punkt, bei dem alles flüssig ist, ist zu subjektiv und man muß daher etwas von dem Pulver herausnehmen und unter dem Mikroskop beobachten, ob alles flüssig ist; man kann den Punkt auch leicht überschreiten. Daß die thermische Methode allein nicht genau ist, erwähnte ich früher; man übersieht jedenfalls bei ihr den unteren Punkt, den Beginn der Umwandlung, weil die Wärmeabsorption erst bei der eigentlichen Verflüssigung merkbar wird. Nur bei der ersten Klasse von Silikaten, welche einen scharfen Schmelzpunkt haben, ist die thermische Methode gut anwendbar, doch kann hier der Schmelzpunkt auch nach den früher erwähnten optischen Methoden 1 und 2 ebensogut bestimmt werden; auch verwendbar scheint jene bei der Bestimmung der Erstarrungspunkte.

4. Die genaueste Methode zur Beobachtung des Schmelzvorganges ist aber die vermittels des Kristallisationsmikroskopes für hohe Temperaturen.

Man wendet hiezu möglichst feines Pulver an, das in dünner Schicht am Boden des Quarzglasschälchens ausgebreitet wird, und beobachtet die Veränderung einzelner winziger Blättchen oder die Konturen aus Pulveraggregaten.

Digitized by Google

Es läßt sich dabei schon der Beginn des Schmelzens sehr gut an der Umrandung der festen Blättchen beobachten, deren Konturen allmählich sich runden; später wird das Ganze zähflüssig, was sich ausgezeichnet unter dem Mikroskop beobachten läßt, indem sich Tropfen bilden und auseinandergetrennte Teilchen zusammenfließen oder die ganze Flüssigkeit, wenn sie schon dünnflüssig ist, wandert. Aber man kann in manchen Fällen beobachten, daß Teile nur zähflüssig sind, und ist diese Methode wie keine andere geeignet, die Umwandlung der festen Substanz zu beobachten. Wenn die Substanz einen größeren Grad von Flüssigkeit angenommen hat, wird sie ganz durchsichtig und man kann daher auch die Viskosität nach dem Grade des Durchscheinens oder der Durchsichtigkeit schätzen.

Bei größerem Flüssigkeitsgrad ist das Fließen zu beobachten. Beim Schmelzprozeß ergibt sich, daß man in allen Fällen ein Intervall hat, d. h. daß der Punkt, bei dem das Schmelzen anfängt, mit dem, bei welchem ein vollkommener Flüssigkeitsgrad zu beobachten ist, nicht zusammenfällt. Ich habe daher von Anfang an getrachtet, diese zwei Punkte gesondert zu betrachten, es kann der Unterschied beider, also das Intervall, nur 10 bis 30° (bei den unter *A* aufgezählten Silikalten), in andern Fällen aber 60 bis 100° betragen, daher man bei den Silikaten der zweiten Gruppe *B* von einem scharfen Schmelzpunkte nicht sprechen kann.

Sehr wesentlich ist bei der Schmelzpunktsbestimmung die Zeit, respektive die Dauer der Erhitzung.

Schon Joly machte darauf aufmerksam, daß man beim Erhitzen während mehrerer Stunden doch ganz andere Schmelzpunkte erhält, als wenn man rasch erhitzt, und dies ist vollkommen richtig; es ist äußerst wahrscheinlich, daß, wenn man den Körper durch mehrere Tage bei dem untersten Punkte belassen würde oder wenig darüber, man die Umwandlung in amorphen Zustand (in eine noch zähe Flüssigkeit) erhalten könnte. Allerdings sind die von mir beobachteten Unterschiede nie solche, wie sie Joly angab (er fand Unterschiede von mehreren hundert Graden).

Digitized by Google

Der obere Schmelzpunkt, respektive der obere Punkt des Intervalles ist der, bei dem keine feste Phase mehr vorhanden ist, doch ist manchmal die Viskosität der Schmelze noch oft eine bedeutende.

Da man bei der optischen Methode den Umwandlungsprozeß vollkommen verfolgen kann, so ist diese bei der Bestimmung der Schmelzpunkte der Silikate um so mehr der thermischen vorzuziehen, als diese wegen der geringen Lösungsgeschwindigkeit in vielen Fällen keinen deutlichen Knickpunkt der Temperaturzeitkurve ergibt. Die Genauigkeit der Messung kann bei der mikroskopischen Methode ebenso erreicht werden wie bei den andern; man muß, damit die Lötstelle die Temperatur des zu untersuchenden Pulvers habe, jene mit dem Boden des kleinen Quarzglasgefäßes, welches das Pulver enthält, in Berührung bringen.

Bei gemengten Schmelzen ist es vorteilhafter, Dünnschliffe zu beobachten, weil dann die Kristallumrisse, die deutlich hervortreten, in Bezug auf die allmähliche Veränderung beim Schmelzen gut zu beobachten und die Schmelzintervalle genau meßbar sind.

Was nun die Abnahme der Viskosität bei steigender Temperatur anbelangt, so habe ich in einer früheren Arbeit gezeigt, daß in manchen Fällen, trotzdem der Körper bereits amorph-isotrop ist, der Flüssigkeitsgrad ein geringer sein kann und daher das Verschwinden der festen kristallisierten Phase nicht unbedingt mit dem Eintreten des eigentlichen Flüssigkeitszustandes einzutreten braucht. Viele Silikate werden zu Glas umgewandelt, ohne dünnflüssig zu werden. Die Wärmeabsorption, also das Stillstehen des Pyrometers, kann, falls eine solche überhaupt merklich ist, was, wie wir sahen, in sehr vielen Fällen nicht zutrifft, auch bei höherer Temperatur eintreten, wenn Dünnflüssigkeit eintritt.

Die Erstarrungspunkte der Silikate.

Die Erstarrungspunkte homogener Silikate von bestimmter chemischer Zusammensetzung fallen nie mit ihren

[1] Silikatschmelzen III. diese Sitzungsberichte, 114 (1905).

Digitized by Google

Schmelzpunkten zusammen, sondern liegen immer tief unter ihnen, was von der Unterkühlung abhängt. Da aber die Unterkühlung wieder abhängt von der Abkühlungsgeschwindigkeit, von der Maximaltemperatur, auf welche erhitzt wurde, von der Zahl der Umschmelzungen, so ist ein fixer Erstarrungspunkt überhaupt nicht vorhanden, das um so mehr, als nicht ein eigentlicher Erstarrungspunkt, sondern ein Erstarrungsintervall existiert, welches größer oder kleiner sein kann, was wieder von der Abkühlungsgeschwindigkeit abhängt. Die Bestimmung der Erstarrungspunkte einer Reihe von Mischungen hat nur dann Wert, wenn die Abkühlung stets unter denselben Bedingungen vor sich geht.

Die Bestimmung der Erstarrungspunkte kann erfolgen 1. durch die thermische Methode, 2. unter dem Mikroskop, 3. dadurch, daß man den oberen Punkt, bei welchem die Schmelze viskos wird, und den unteren Punkt, bei welchem sie ganz fest wird, bestimmt; in letzterem Falle ist die Schmelze ganz hart. Eine genauere Bestimmung der Erstarrungspunkte kann nur dort erfolgen, wo die Silikate bei langsamer Abkühlung kristallinisch und nicht glasig erstarren; in dem Falle des Glasigerstarrens sind die zwei ersten Methoden unbrauchbar und nur der Punkt des Starrwerdens läßt sich nach 3. bestimmen, aber dieser Punkt hat dann auch weniger Wert.

Bei der Erstarrung kann die thermische Methode wenigstens bei manchen Silikaten besser angewandt werden als bei dem Schmelzprozesse.

Man kann die thermische Methode mit der unter dem Mikroskop vergleichen und man wird, aber nicht durchwegs, genaue Übereinstimmung erhalten, weil, wie früher auseinandergesetzt, die thermische Methode keine so genaue ist, da die Erstarrung in den meisten Fällen nicht plötzlich, sondern allmählich erfolgt und dann die Zeittemperaturkurve keinen horizontalen Kurventeil zeigt, aber dort wird die thermische Methode von Nutzen sein, wo Silikate von großem Kristallisationsvermögen rasch sich abscheiden. Aber bei mehreren Komponenten wird uns die thermische Methode nicht Aufschluß darüber geben, welche der Kristallarten sich im jeweiligen Moment

Digitized by Google

abscheidet; das ist nur durch die mikroskopische Methode möglich.

Bei der Bestimmung des Schmelzpunktes kann auch die Feststellung des Erstarrungspunktes zur Kontrolle des ersteren dienen, da die erste Erstarrung mit dem Beginn des Schmelzens zusammenfällt und natürlich nicht höher gelegen sein kann als der eigentliche Schmelzpunkt.

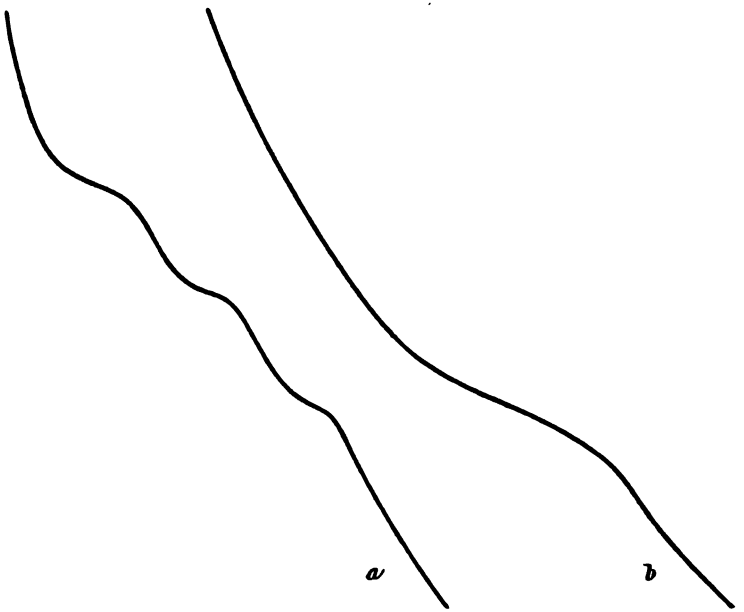


Fig. 2.

Bei zwei Komponenten oder mehreren wird die Gestalt der Zeittemperaturkurven noch komplizierter und sich der in Fig. 2, *a* abgebildeten nähern.

Die Erstarrung einheitlicher Schmelzen geht entweder normal wie in Fig. 2, *b* vor sich — und dies ist der Fall bei den Schmelzen von großem Kristallisationsvermögen *(A)* — oder sie geht auch ruckweise vor sich, was besonders bei den Schmelzen *(B)* vorkommt; bei solchen, deren Kristallisationsvermögen sehr klein ist, hat man eine fast gerade Linie; hier ist dann der Erstarrungspunkt schwer bestimmbar.

Digitized by Google

Die Erstarrungspunkte von Silikatgemengen aus zwei oder mehr Komponenten[1] werden nach denselben Methoden bestimmt. Aber weder die thermische noch die Prüfung der Starrheit können uns Aufschluß geben über die Reihenfolge, nach welcher die einzelnen Komponenten erstarren, und darüber, ob sie nacheinander oder gleichzeitig erstarren. Genaue Kenntnis der Verhältnisse können wir nur erhalten, wenn wir die Abscheidung unter dem Mikroskop prüfen. Man kann, um zu erkennen, welche der Komponenten sich später ausscheidet, auch Kristallisationsversuche mit Temperaturmessungen derart einrichten, daß man anfangs sehr langsam abkühlt, bis die Schmelze stark viskos geworden ist, und dann den Versuch unterbricht und den Tiegel mit der Schmelze herausnimmt, dann kristallisiert meistens nur eine Komponente, während die zweite und dritte glasig erstarrt, und die spätere Untersuchung unter dem Mikroskop ergibt, welche der Komponenten zuerst kristallisiert erstarrte. Schwierigkeiten macht die Bestimmung der letzten Ausscheidung, d. h. des Punktes, bei dem die Kristallbildung abgeschlossen ist, da man sich ja auch bei mikroskopischer Untersuchung darin irren kann, falls die Schmelze ganz kristallin ist oder wenigstens nur Spuren von Glas enthält.

Dieser Punkt ist in einer Schmelze daran zu erkennen, daß alles fest ist. Aber wo Glas zurückgeblieben ist, ist dieser letzte Punkt nicht der Kristallisationsendpunkt. Unter dem Mikroskop läßt er sich nur bei kristallinischen Schmelzen gut bestimmen als der Punkt, bei dem sich die letzten Kristalle bilden. Dieser Punkt ist aber in hohem Grade von der Unterkühlung abhängig und diese wieder von der Abkühlungsgeschwindigkeit, der Maximaltemperatur, zu welcher die Schmelze erhitzt wurde, der Häufigkeit der Umschmelzungen.

Daher erhält man bei Wiederholung der Versuche, wenn jene Bedingungen wechseln, Verschiedenheiten von 30 bis 40°. Man kann daher dem unteren Erstarrungspunkte keinen so großen Wert beilegen.

---

[1] Schaum und Schönbeck, Annalen der Physik (11), VIII, 652 (1902).

Digitized by Google

Die Bestimmung der eutektischen Punkte.

Zur Aufsuchung dieses Punktes ist es notwendig, Mischungen der beiden Komponenten bei wachsender Konzentration zu untersuchen. Die Schmelzpunkte kristalliner Gemenge, sei es, daß man Mischungen von Mineralpulvern, sei es, daß man bereits kristallin erstarrte umgeschmolzene Gemenge nimmt, geben, wie ich durch viele Experimente nachgewiesen habe, oft keine eutektischen Punkte. Hiebei ergibt sich aber, daß der unterste Erweichungspunkt der Gläser mit der Konzentration sich regelmäßig verschiebt und nicht etwa, wie man glauben könnte, bei allen Mischungen verschiedener Konzentration sich gleichbleibt. Die unteren Erweichungspunkte der Gläser sind daher wichtig. Die eutektische Mischung gibt sich im Glas durch ein geringes Schmelzintervall kund.

Wir haben folgende Kurven:

1. Kurven der Schmelzpunkte gemengter feinster Pulver.

2. Kurven der Schmelzpunkte kristallinisch erstarrter Mischungen.

3. Kurven der Schmelzintervalle der Gläser.

4. Kurven der Erstarrungsintervalle der Mischungen.

Es ergeben sich bei jeder dieser Kurven ein oberster und ein unterster Schmelzpunkt, man kann also acht Kurven konstruieren. Die Höhe der Schmelzpunkte folgt der angegebenen Reihenfolge der Kurven von 1 bis 4. Die Erstarrungspunkte sind wegen der Unterkühlung die niedrigsten Punkte, aber der Kristallisationsendpunkt ist stark von der Unterkühlung abhängig und wechselt daher mit der Abkühlungsgeschwindigkeit.

Weniger beeinflußbar ist der obere Erstarrungspunkt, der Beginn der Kristallisation, und dieser Punkt stimmt bei den meisten Mischungen mit den Schmelzpunkten der Gläser, d. h. mit dem unteren Punkte ihres Erweichungsintervalles, überein, wie die Versuche ergaben.

Die Kurven der Punkte völliger Erstarrung und des Beginnes der Kristallisation gehen wegen der Unterkühlung nicht

Digitized by Google

immer parallel, doch sind die Kurven der Punkte, bei welchen die Kristallisation beginnt, den Kurven, welche die Erweichungspunkte der Gläser darstellen, zumeist parallel und wenig von jenen verschieden. Aus allem dem geht hervor, daß bei Berechnungen mit dem Erstarrungs- und Schmelzpunkte keine große Genauigkeit möglich ist, da ja in gemischten Schmelzen die Erstarrungspunkte von der Unterkühlung so abhängig sind.

Berechnung der eutektischen Mischung.

J. H. Vogt berechnet die eutektische Mischung nach der Formel:

$$x_a = \frac{\left[\frac{0{\cdot}02\,.\,T_b^2\,.\,[100+n_a(1+\alpha_a)]}{R_b\,.\,n_a(1+\alpha_a)} - (T_b - T_a)\right]}{0{\cdot}02\,\frac{T_b^2}{R_b}\cdot\frac{100+n_a(1+\alpha_a)}{n_a(1+\alpha_a)} + 0{\cdot}02\,\frac{T_a^2}{R_a}\cdot\frac{100+n_b(1+\alpha_b)}{n_b\,.\,(1+\alpha_b)}}.$$

In dieser Formel sind T_a, T_b die Schmelzpunkte der Komponenten in absoluter Zählung, R_a, R_b deren Schmelzwärmen in Grammkalorien, n_a, n_b die Molekulargewichte der Verbindungen, α_a, α_b die Dissoziationsgrade. Da man aber letztere gar nicht kennt, so kann man sie auch nicht in Berechnung ziehen und die Formel ist nur anwendbar, wenn man $\alpha_a = \alpha_b = 0$ setzt; die Formel würde sich dann vereinfachen zu:

$$x_a = \frac{\left(\frac{0{\cdot}02\,.\,T_b^2}{R_b}\cdot\frac{100+n_a}{n_a}\right) - (T_b - T_a)}{\frac{0{\cdot}02\,.\,T_b^2}{R_b}\cdot\frac{100+n_a}{n_a} + 0{\cdot}02\,\frac{T_a^2}{R_a}\cdot\frac{100+n_b}{n_b}}.$$

Hiebei ist aber zu bemerken, daß R_a, R_b bisher nur sehr approximativ bestimmt sind und daß bei den sehr viskosen Silikaten es schwer zu sagen ist, wo der Schmelzpunkt liegt; man bekommt daher nur sehr angenäherte Resultate. Es gibt aber trotzdem Fälle, wo Berechnung und Beobachtung stimmen, während andere Male dies nicht der Fall ist, und hängt dies wahrscheinlich mit der Dissoziation und auch mit dem Vorkommen eines scharfen Schmelzpunktes zusammen.

Wenn man eutektische Mischungen bezüglich des Schmelz- und Erstarrungsintervalles betrachtet, so wird man finden, daß

Digitized by Google

bei glasigen Schmelzen der betreffenden Mischungen das Intervall zwischen Beginn des Weichwerdens und völliger Flüssigkeit immer viel kleiner ist als bei andern Mischungen, und nähert sich daher diese Mischung einem einheitlichen Stoffe; das Erstarrungsintervall ist etwas größer als jenes Schmelzintervall, aber doch wieder geringer als bei den übrigen Mischungen.

Die Ausscheidungsfolge läßt sich am besten unter dem Mikroskop verfolgen und bei dieser Beobachtungsart kann man auch die Temperatur der Ausscheidungen verfolgen und die Erstarrungspunkte, insbesondere den Verlauf der Kristallausscheidung, beobachten, was vermittels der thermischen Methode nicht möglich ist, wenn, wie dies sogar in den meisten Fällen erfolgt, die Abscheidung allmählich vor sich geht und nicht plötzlich. Es gibt allerdings auch Fälle, in denen die Abscheidung plötzlich vor sich geht, aber zumeist erfolgt die Aufhebung der Übersättigung nicht auf einmal, sondern bei verschiedener Unterkühlung. Daß die Ausscheidungsfolge sehr stark von dem Kristallisationsvermögen beeinflußt wird, habe ich früher nachgewiesen.[1]

Photographieren von Schmelz- und Erstarrungsvorgängen vermittels des Kristallisationsmikroskopes.

Ein wichtiges Hilfsmittel zur Beobachtung dieser Vorgänge ist die photographische Aufnahme der Schmelzen in verschiedenen Stadien bei steigenden oder fallenden Temperaturen. Diese sind im Kristallisationsmikroskop möglich. Die Messung der Temperaturen erfolgt, wie früher beschrieben, mit dem Thermoelement, wobei die Lötstelle direkt den Boden des kleinen Schälchens aus Quarzglas, in welchem die Schmelzversuche ausgeführt werden, berühren muß. Die Temperatur wird vermittels eines eigens konstruierten Widerstandes so reguliert, daß man sie durch beliebige Zeit konstant erhalten kann und durch Ausschalten von Widerstand um 5° erheben oder fallen lassen kann. Die photographischen Aufnahmen sind besonders

[1] Diese Sitzungsberichte, 114, Abt. I, Juniheft 1905.

Digitized by Google

wichtig, um die Form und Menge der Kristallausscheidungen bei bestimmten Temperaturen konstatieren zu können. Sehr wichtig sind sie auch, um die allmählichen Veränderungen beim Schmelzvorgange zu veranschaulichen. Das Photographieren bei hohen Temperaturen ist mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft und die ersten Versuche mißlangen. Im allgemeinen gelingt die Aufnahme um so besser, je höher die Temperatur; unter 1100° ist das selbstleuchtende Präparat zu lichtschwach. Mit Hilfe des Herrn stud. Hugo Proboscht, dem ich hiemit meinen Dank ausspreche, gelang es, durch Einschub eines roten Farbenfilters bei Anwendung von rotempfindlichen Platten zwischen 1200 bis 1360° Aufnahmen zu machen, die klare Bilder lieferten.[1]

Unterschiede in den Schmelzpunkten bei natürlichen und künstlichen Verbindungen.

Übersieht man die Resultate, welche verschiedene Forscher bezüglich der Schmelzpunkte künstlicher und natürlicher Verbindungen erhalten, so fallen die Unterschiede sofort auf, obgleich bezüglich der ersteren recht viel Material vorliegt. Ich habe, um diese Unterschiede zu verfolgen, einige Versuche angestellt. Die Feldspate wurden kürzlich von Allen und Day untersucht, welche ganz auffallend hohe Zahlen erhielten. Da die Methode der Messung dieselbe ist, so könnten die Unterschiede zum Teil darin liegen, daß eben unter Schmelzpunkt von ihnen etwas anderes verstanden wird als von mir, zum Teil aber wohl darin, daß die künstlichen Verbindungen eben nicht genau dieselbe chemische Verbindung darstellen wie die natürlichen; so existiert, wenn man die Analysen des Labradorits vergleicht,[2] wohl kaum eine, die die Zusammensetzung des von Allen und Day versuchten Labradors hatte. Alle natürlichen Labradorite enthalten etwas Kali, ihr Calcium- und Natriumgehalt weicht immer von dem berechneten ab, viele enthalten auch Einschlüsse. Da in erster Linie die Anwendung

[1] Siehe die gleichzeitig erscheinende Arbeit: »Silikatschmelzen IV«, Tafel I.

[2] Rammelsberg, Mineralchemie, II, 1875. — Hintze, Mineralogie, I.

Digitized by Google

der Schmelzpunkte auf die Ausscheidungsfolge zu studieren ist, so ist für uns auch das Studium der natürlichen Feldspate vor allem wichtig, obgleich ja das der künstlichen Mischungen auch von großem Interesse ist. Unrichtig ist es aber, zu sagen, daß Labradorit den Schmelzpunkt von 1460° hat;[1] dies könnte sich auf natürlichen, auch ganz reinen Labradorit nicht beziehen. Im allgemeinen zeigen übrigens aber isomorphe Mischungen auch ein Schmelzintervall und nicht einen Schmelzpunkt und beobachtet man das auch tatsächlich bei allen Versuchen. Bezüglich der Plagioklase verweise ich auf den betreffenden Abschnitt (p. 2 bis 6) meiner Silikatschmelzen IV.

Die Unterschiede künstlicher und natürlicher Mineralien können begründet sein 1. in der Reinheit der Kunstprodukte; 2. in der Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung beider, da die berechneten theoretischen Silikate in der Natur nicht vorkommen; 3. in manchen Fällen wohl auch darin, daß die künstlichen Mineralien vielleicht wirkliche Unterschiede in ihren physikalischen Eigenschaften aufweisen.

Ich habe hauptsächlich mit Mineralien gearbeitet, weil es sich ja hauptsächlich um Vergleich mit den Erstarrungsvorgängen der Gesteine handelt. Es tritt die Frage auf, ob aus chemischen Mischungen bereitete »künstliche Mineralien« mit denen der Natur ident sind. A priori ist dies wegen der weit verbreiteten Eigenschaft der Polymorphie nicht sichergestellt und muß im einzelnen Fall experimentell bewiesen werden. Für viele Verbindungen scheint das nun wirklich der Fall zu sein, wie die Versuche es gezeigt haben, für manche dagegen nicht. So war z. B. kaum zu erwarten, daß geschmolzener Wollastonit $CaSiO_3$ anders erstarrt als der natürliche und eine dimorphe Phase ergibt, die sich aber im spezifischen Gewichte wenig unterscheidet, hauptsächlich aber im Schmelzpunkte; den des Wollastonits bestimmte ich mit 1255°,[2] während der Schmelzpunkt des künstlichen Kalk-

---

[1] Allen und Day, l. c., p. 21.

[2] In Übereinstimmung hiemit fanden E. Allen und W. P. White (American Journ., 12 [1906], Februar) 1250°, sie vergaßen aber, meine frühere Bestimmung aus dem Jahre 1903 (Miner.-petr. Mitt., Bd. 22, p. 308) anzuführen.

Digitized by Google

silikats $CaSiO_3$ 1512° nach E. Allen und W. White betragen soll.

Auf anderem Gebiet erwähne ich die Polymorphie von Ag_2S und Cu_2S, die sich auf optischem Wege, wie ich durch direkten Versuch beweisen kann, nicht nachweisen ließ, die aber nach Hittorf[1] bei 175° und 125° sich vollzieht und durch die thermische Methode nachgewiesen werden kann, namentlich aber durch die elektrische Methode, weil bei jenen Temperaturen die Leitfähigkeit sich plötzlich ändert.

Andere Fälle sind von Gossner[2] erwähnt worden; bei der Polysymmetrie Groth's liegt nur eine geometrische Isomerie vor; Steinmetz[3] betont neuerdings, daß bei Quarz und Tridymit die Volumina nahezu gleich sind, und erwähnt ebenfalls Fälle, bei denen bei polymorpher Umwandlung die Volumveränderung eine minimale ist.

Bei den aus Schmelzfluß erzeugten künstlichen Mineralien ist also in vielen Fällen der Beweis erbracht, daß sie mit den natürlichen in vielen Eigenschaften übereinstimmen, bei andern ergibt sich Übereinstimmung aller Eigenschaften. Doch sind letztere Fälle seltener, weil die Untersuchung bisher keine genaue und umfassende war; sie beschränkte sich meist auf die Übereinstimmung der kristallographischen Eigenschaften, dann der Härte, Spaltbarkeit, optischen Konstanten und des Volums. Sie sollte aber auch noch auf die Löslichkeit und Schmelzpunktsbestimmung ausgedehnt werden. Manche Autoren, namentlich ältere, erachteten die Übereinstimmung der chemischen Zusammensetzung für genügend, um die Identität auszusprechen, aber gerade hier ist die Analyse kein Beweis für diese.

Es läßt sich nicht immer mit Bestimmtheit sagen, welche der früher erwähnten Ursachen die Verschiedenheit in einzelnen Fällen erzeugt. Wo geringere Unterschiede vorhanden sind, können es Unreinheiten sein oder die unter 2. erwähnte Ursache. Die natürlichen Labradorite sind nicht immer rein, sie sind oft eisenhaltig, daher ihr niedrigerer Schmelzpunkt.

---

[1] Pogg. Ann., *84*, 1 (1851).

[2] Zeitschr. für Kristallographie, Bd. 37 (1903).

[3] Zeitschr. für physik. Chemie, Bd. 53 (1906).

Digitized by Google

Bei Anorthit ist, falls die Bestimmungen von Allen und Day richtig sind, der Unterschied so groß, daß es nicht unmöglich wäre, daß der künstliche Anorthit vielleicht eine polymorphe Kristallart darstellt, denn daß natürlicher Anorthit einen Schmelzpunkt von 1532° haben soll, halte ich für ganz ausgeschlossen.

Innere Reibung der Silikatschmelzen.

Die Viskosität der Silikate ist von größtem Einfluß auf die Ausscheidung, da das Kristallisationsvermögen (K. V.) und die Kristallisationsgeschwindigkeit (K. G.) davon abhängen, ebenso steht das Schmelzen der Silikate im Zusammenhang mit der Viskosität. Es wäre daher von der größten Wichtigkeit, dieselbe zu kennen. Daß die Größe der inneren Reibung bei verschiedenen Silikaten sehr verschieden ist, ist längst bekannt, doch liegen genaue Daten bisher nicht vor. Der Viskosität nach zerfallen die Silikate in die p. 617 erwähnten zwei Gruppen.

Von der Viskosität hängt das Kristallisationsvermögen und die Kristallisationsgeschwindigkeit stark ab; in gemischten Schmelzen, z. B. in Schmelzen von zwei oder drei Komponenten ist die Viskosität eine andere als in der eigenen Schmelze eines Stoffes und werden daher in solchen gemischten Schmelzen die K. G. und das K. V. verschieden sein. Auch die Ausscheidungsfolge hängt von der Viskosität ab 1. durch Änderung der K. G. und des K. V., 2. weil stark viskose Silikate zu Übersättigungen neigen und sich in solchen labile Gleichgewichtszustände ausbilden, denn nur in wenig viskosen Schmelzlösungen tritt stabiles Gleichgewicht auf und nur in solchen kommt der Einfluß des Lösungsgleichgewichtes auf die Ausscheidungsfolge zur Geltung.

Die innere Reibung hängt ab 1. bei demselben Silikat von der Temperatur, da sie mit letzterer stark fällt; 2. bei verschiedenen Silikaten von der chemischen Natur der Silikate.

Bei der Abhängigkeit von der Temperatur ist zu berücksichtigen, daß die Differenz zwischen der Schmelzpunktstemperatur t des Stoffes und der jeweiligen Temperatur, also $(t_1 - t)$ in Betracht kommt.

Digitized by Google

Erhitzt man ein Silikat, so wächst der Flüssigkeitsgrad v zuerst weniger als $t_1 - t$ und allmählich tritt das Umgekehrte ein. Es gibt nun Silikate, bei denen die Viskositätsverminderung eine plötzliche ist, und solche, bei denen sie allmählich beim Erhitzen fällt, was wieder den beiden oft erwähnten Silikatgruppen entspricht.

Die Kurven sind bei ersteren mehr geradlinig und es kann v proportional dem Temperaturzuwachs, also $(t_1 - t)$ sein. Bei letzteren haben wir dagegen eine parabolische oder hyperbelähnliche Kurve. Es wurde bereits früher erwähnt, daß diese beiden Abteilungen von Silikaten durch das Verhalten beim Schmelzen und beim Kristallisieren sich unterscheiden.

Es ist aber noch zu unterscheiden zwischen der Viskosität bei der Erstarrung und jener beim Schmelzen. Erstere ist maßgebend für die Möglichkeit der Kristallbildung, da das Kristallisationsvermögen und die Kristallisationsgeschwindigkeit von ihr abhängen.

Der Einfluß der sogenannten »Mineralisatoren« oder »Kristallisatoren«, z. B. der Wolframsäure, ist vorwiegend der, die Viskosität zu vermindern, respektive die Kristallisationsgeschwindigkeit zu vergrößern. Kristallisatoren sind daher insbesondere Viskositätsverminderer.

Ein anderer Einfluß der Kristallisatoren ist auch, den Schmelzpunkt zu erniedrigen, daher insbesondere bei polymorphen Stoffen die Möglichkeit der Ausscheidung der niedriger schmelzenden Kristallart gegeben werden kann, wenn wir z. B. die Schmelze von $CaSiO_3$ erstarren lassen. Früher suchte man den Einfluß der Kristallisatoren mehr als einen chemischen darzustellen und ihn durch Zwischenreaktionen, die die betreffenden Verbindungen eingehen sollten, zu erklären, doch finden solche Reaktionen doch selten statt.

Bestimmung der inneren Reibung.

Von den Methoden, welche zur Bestimmung der inneren Reibung von Flüssigkeiten angewendet werden, ist die, nach welcher die Zeit T, innerhalb der eine Flüssigkeitsmenge unter einem Drucke P durch ein Kapillarrohr strömt, eine der wichtigsten. Man muß bekanntlich diese Zeit T mit der, welche

Digitized by Google

Wasser zur Durchströmung braucht, vergleichen: T', und außerdem die Dichte der Flüssigkeit δ kennen, um dann aus der Formel $\frac{\eta}{\eta'} = \frac{T.\delta}{T'}$, in welcher η' den Koeffizienten der inneren Reibung für Wasser bedeutet, berechnen.

Foussereau[1] hat für einige geschmolzene Salze den Reibungskoeffizienten nach dieser Methode bestimmt und die Zeit gemessen, welche notwendig ist, damit die Schmelze einen bestimmten Abschnitt eines Kapillarrohres durchläuft, und den Zeitabschnitt mit dem des bei Wasser erhaltenen verglichen, wobei die Ausdehnung des Glases, durch welches die Schmelze durchfloß, berücksichtigt wurde.

Nach Foussereau wurden die von Poiseuille erhaltenen Gesetzmäßigkeiten für die von ihm verwendeten Salzschmelzen bestätigt.

Die Anwendung der Methode stößt auf große Schwierigkeiten; erstens wird T bei verschiedenen Temperaturen sehr verschieden sein, im allgemeinen aber gegenüber T' sehr groß sein, dann ist δ sehr schwer genau zu bestimmen und es werden also große Fehlerquellen eintreten; besonders ist aber die Ausführung der Versuche sehr schwierig.

Die Methode, die Schwingungen einer mit der Flüssigkeit gefüllten Kugel (Helmholtz und Pietrowski) oder die Schwingungen einer Kugel in der Flüssigkeit zu beobachten (König), halte ich nicht für anwendbar. Besser erscheint die Methode von Jones,[2] das Niederfallen eines Kügelchens zu beobachten.

Genaue Methoden erwiesen sich bisher als nicht gut anwendbar, auch weil der Raum, in welchem mit geschmolzenen Flüssigkeiten experimentiert werden kann, sehr gering und die Viskosität so groß ist, daß jene Methoden versagten. Um einen Vergleich der Viskosität der einzelnen Silikatschmelzen zu ermöglichen, habe ich die Länge gemessen, in welche ein Platinstift vom Gewichte von 165 g in die Schmelze eindringt. Die Methode kann aber keine genauen Resultate

---

[1] Annales de chimie et de physique, VI. Ser., 1885, Bd. V, 360.

[2] Philos. Magaz., *37*, 451 (1894).

Digitized by Google

liefern, da bei sehr viskosen Flüssigkeiten oft nur ein Eindringen von $^1/_2$ *mm* stattfindet und bei sehr wenig viskosen Stoffen sofort untersinkt.

Zum Vergleiche der inneren Reibung der Silikatschmelzen ist diese vorläufige Methode immerhin brauchbar, statt dieser könnte man ähnlich wie Jones eine Platinkugel fallen lassen und nach der Geschwindigkeit, mit welcher diese eindringt, die Viskosität beurteilen. Im Vergleiche mit Wasser oder nur mit Glyzerin, dessen innere Reibung 42 mal so groß ist wie die des Wassers, war die der Silikatschmelzen enorm; und zwar ist das Verhältnis von $\frac{\eta}{\eta'}$ für die verschiedenen Silikate weniger verschieden, da η' sehr klein im Verhältnis zu η ist.

Ich halte es nicht für unmöglich, für eines der früher erwähnten Silikate, bei denen η verhältnismäßig klein ist, z. B. Akmit, Fayalit, Augit, durch die Beobachtung der Ausflußgeschwindigkeit das genannte Verhältnis zu bestimmen.

Es geht aus den bisherigen, ganz rohen Messungen hervor, daß bei Augit, Hornblende, Eisenolivin die Viskosität beim Schmelzpunkte sofort abnimmt, während bei andern Silikaten Leucit, Nephelin, Albit, Orthoklas die Viskosität allmählich abnimmt.

Auch Day und Allen haben einige Versuche über Viskosität der Feldspate gemacht, die mit meinen übereinstimmen.

Viskosität erstarrender Silikatschmelzen.

In meinen Silikatschmelzen, III. Mitteilung,[1] hatte ich versucht, die Viskosität der schmelzenden Silikate bei Temperaturerhöhung zu untersuchen und wenigstens annähernd die Viskositätsveränderung zu messen. Hiebei ergab sich, daß ein Teil der Silikate, wie Augit, Hedenbergit, Diopsid wie auch Magnetit, bei Temperaturen, die wenig über dem Schmelzpunkte liegen oder mit ihm zusammenfallen, eine plötzliche Viskositätsverminderung zeigen und daß bei ihnen Umwandlungspunkt und Verflüssigungspunkt ungefähr zusammenfallen, während bei andern Körpern, wie den Feldspaten, Leucit und Quarz, letz-

[1] Diese Sitzungsberichte, Bd. 114, Juni 1905.

Digitized by Google

teres nicht der Fall ist und daß diese erst allmählich bei steigender Temperatur ihre Viskosität verlieren und, obwohl sie bereits glasig-amorph sind, doch noch einen bedeutenden Viskositätsgrad zeigen.

Für die Kristallisation einer Schmelze sind bekanntlich maßgebend das Kristallisationsvermögen und die Kristallisationsgeschwindigkeit; diese hängen ab von der wechselnden Viskosität der Schmelzen bei der Abkühlung. Es fragt sich dabei, wie groß die Viskosität ist zwischen dem Schmelzpunkt und dem Ausscheidungspunkte. Die Ausscheidung einer Verbindung kann bekanntlich nicht über ihrem Schmelzpunkte stattfinden, sondern der Erstarrungspunkt liegt nicht über, sondern unter dem Schmelzpunkte, falls beide nicht zusammenfallen.

Ich habe nun nach der früher[1] angegebenen, allerdings nur sehr angenäherten Methode versucht, die Viskosität bei sinkender Temperatur zu schätzen, soweit der Flüssigkeitsgrad eben noch merklich ist. Hiebei ergeben sich jedoch wieder jene zwei Klassen von Körpern, die wir früher aufstellen konnten, nämlich solche, bei welchen die Viskosität sich plötzlich, und solche, bei denen sie sich allmählich ändert. Erstere sind nun diejenigen Stoffe, deren Flüssigkeitsgrad beim Schmelzpunkte noch recht bedeutend ist, während die andern Stoffe über dem Schmelzpunkte schon sehr viskos sind; letztere können daher nicht kristallinisch erstarren, weil in dieser stark viskosen Schmelze die Kristallisationsgeschwindigkeit unendlich klein ist. Zu diesen ersteren gehören Augit, Akmit, Labradorit, Hedenbergit, Olivin, zu den andern Albit, Orthoklas, Quarz und in geringerem Grade Nephelin, Leucit. Hier nun die Resultate bei einigen Silikaten.

1. Labradorit von Kiew $(CaAlSi_2O_8)_4(NaAlSi_3O_8)_3$ (Fig. 3).

Bei 1280° ist dieser Labradorit vollkommen flüssig; er wurde bis 1300° erhitzt und langsam gekühlt, wobei bei 1200° die Schmelze flüssig verbleibt, so daß der Platinstab bei 5 *mm* tief einsinkt. Auch bei 1160° sinkt er noch bis fast 4 *mm* ein;

[1] Diese Sitzungsberichte, Bd. 114, Juniheft 1905.

Digitized by Google

erst bei 1100° wird die Viskosität größer, der Stab sinkt nur noch zirka $1^1/_2$ bis $1^1/_4$ *mm* ein und bald darauf bei 1080° nur noch 1 *mm*; bei 1070° kann noch eine kleine Einwirkung wahrgenommen werden, bei 1060° ist die Schmelze ganz fest. Bei einer Wiederholung des Versuches mit neuem Pulver war der Stab in der Schmelze bei 1190° noch 4 *mm* tief eingesunken, bei 1160° aber $3^1/_2$ *mm*, bei 1140° 3 *mm*; erst bei 1100°

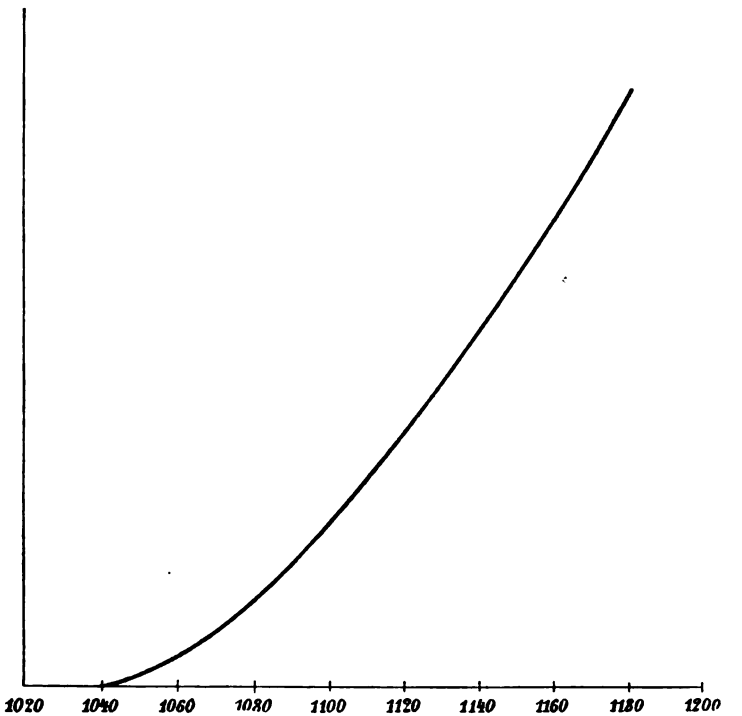


Fig. 3.

zeigt sich merkliche Erhöhung der Viskosität und der Stab sinkt nun etwas über 1 *mm* ein, bei 1050° war die Schmelze ganz fest.

Aus diesen Daten folgt, daß die Unterkühlung sehr bedeutend ist und daß von zirka 1160 bis 1050° sich Kristalle bilden können, was übrigens auch aus den später zu erwähnenden Versuchen mit dem Kristallisationsmikroskop hervorgeht.

Digitized by Google

2. Erstarrung des Orthoklases $KAlSi_3O_8$ (Fig. 4).

Der Orthoklas gibt beim Erstarren keine Kristalle; solche erhält man nur bei Zusatz sogenannter Kristallisatoren. Der Einfluß besteht darin, daß die Viskosität, trotzdem der Schmelzpunkt herabgesetzt wird, so stark vermindert wird, daß bei der Erstarrung weit unter dem Schmelzpunkte des Gemenges die Schmelze noch so flüssig ist, daß die Kristalle wachsen können,

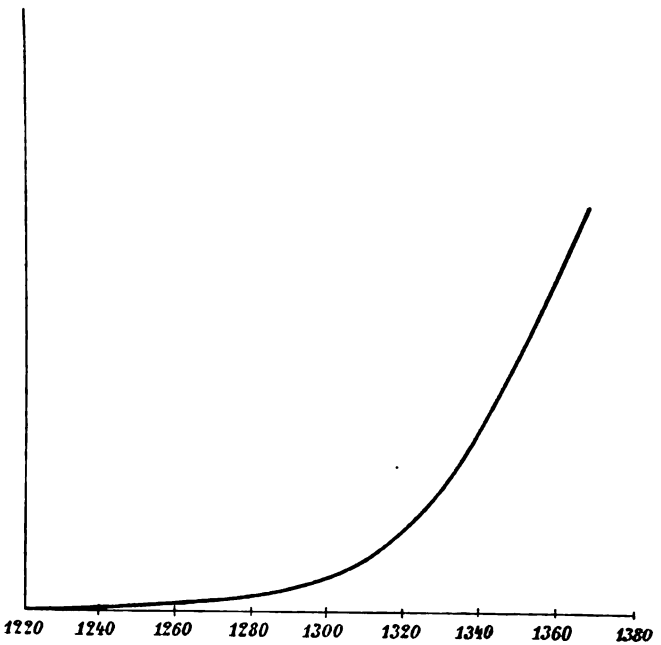


Fig. 4.

während dies in der reinen Orthoklasschmelze nicht möglich ist. Jeder Körper, der die Viskosität herabsetzt, kann als Kristallisator wirken. In der Natur dürfte das Wasser oft von größtem Einflusse sein; es wirkt schmelzpunktherabsetzend und viskositätsvermindernd. Die folgenden Bestimmungen der Viskosität zeigen, daß über dem Schmelzpunkte von zirka 1220° der Orthoklas fast fest ist und demnach Kristalle sich nicht bilden können.

Adular vom Gotthard, der also das reinste Material darstellt, das in der Natur vorkommt und der die Zusammen-

Digitized by Google

setzung $KAlSi_3O_8$ hat, wird erst bei zirka 1300° einigermaßen flüssig, während schon viel früher die Umwandlung in die glasig-amorphe Phase sich vollzieht; der Schmelzpunkt, bei dem also noch die kristallisierte Phase neben der amorphen vorhanden ist, liegt bei 1210 bis 1220°; bei 1250° ist nach meinen Messungen kein Kristall mehr vorhanden. Untersucht man dann die erkaltete Masse, so hat man ein Glas vor sich und dies zeigt, daß die Umwandlung sich vor dem Flüssigwerden vollzieht. Läßt man nun umgekehrt Orthoklas, den man auf etwa 1350° erhitzt hat, bei welchem Punkte die Schmelze vollkommen flüssig ist, erkalten, so zeigt es sich, daß bei 1250°, bei welcher Temperatur sich die ersten Kristalle bilden konnten, falls keine Unterkühlung stattfinden würde, die Schmelze nahezu fest ist und bei 1220° vollkommen fest, und das beweist, daß sich dann keine Kristalle mehr bilden können, weshalb man bei der Erstarrung des Orthoklases keine Kristalle, sondern nur Glas erhält. Die näheren Daten sind folgende: Bei 1220° wird die Schmelze glasig, ist aber noch ganz fest, und erst gegen 1300° sinkt der Platinstab etwas ein. Bei 1370° dringt dieser zirka 3 *mm* tief ein. Es wird nun langsam abgekühlt. Bei 1320° dringt der Stab kaum bis $^1/_2$ *mm* ein, bei 1280° ist noch ein sehr geringes Maß von Plastizität vorhanden, bei 1220° ist die Schmelze ganz starr; hieraus ist ersichtlich, daß sich aus der Orthoklasschmelze keine Kristalle bilden können, denn diese könnten sich nur unter 1220° absetzen, hier ist aber vollkommene Starrheit vorhanden.

3. Tonerde-Augit (Fig. 5).

Ganz anders ist das Verhalten des Tonerde-Augits (von den Monti rossi).

Bei der Erhitzung geht die Umwandlung zwischen 1185 bis 1200° vor sich und schon bei diesen Temperaturen zeigt sich ein gewisser Grad von Flüssigkeit, bei 1210° war aber dieser Augit bereits vollkommen flüssig. Bei dem umgekehrten Vorgange waren die Verhältnisse folgende: Bei 1225° war noch vollkommene Flüssigkeit zu beobachten, der Platinstab dringt ganz in die Schmelze ein. Bei 1195° dringt er 4 *mm*, bei 1185°, welches der untere Punkt des Schmelzpunktintervalles

Digitized by Google

ist (bei welcher Temperatur jedoch bei Temperaturerhöhung beim Erhitzen die Kristalle noch fast fest sind), tritt nun bei der Erstarrung ein großer Flüssigkeitsgrad auf, der Stab sinkt $3^1/_2$ *mm* tief ein; bei dieser Temperatur können sich schon Kristalle bilden. Die Viskosität wächst nun sehr langsam, bei 1160° sinkt der Stab $1^1/_2$ *mm* tief ein, bei 1140° noch $^1/_4$ *mm*, bei 1135° ist noch Plastizität vorhanden, zwischen 1140 bis 1130° wird die Schmelze ganz fest.

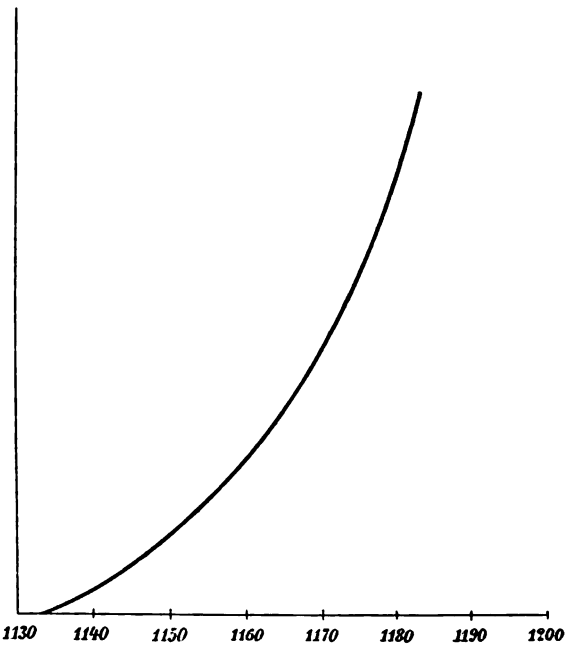


Fig. 5.

4. Elaeolith $K_2Na_6Al_6Si_9O_{34}$ (Fig. 6).

Elaeolith von Miass wird bei 1190° beginnen zu schmelzen und ist bei zirka 1220° in Glas umgewandelt; bei 1270° ist dieses vollkommen flüssig. Es wird nun abgekühlt; bei 1235° dringt der Stab noch 2 *mm* tief ein; die Schmelze beginnt viskos zu werden; bei 1200° dringt sie noch 1 *mm* tief ein; dies ist, wie sich unter dem Mikroskop ergibt, der Punkt, bei dem sich Kristalle bilden können.

Digitized by Google

Bei 1190° sinkt der Stab kaum merklich mehr ein und bei 1175° ist die Schmelze ganz fest; demnach ist das Temperaturgebiet, bei welchem sich Kristalle bilden können, klein und dies erklärt das geringe Kristallisationsvermögen des Nephelins.

Es wird natürlich notwendig sein, wenigstens bei den leichtflüssigeren Silikaten durch genauere Methoden, z. B. durch Beobachtung der Ausflußgeschwindigkeit, die Viskosität zu messen; bei der Gruppe *B* von Silikaten, die (p. 617) er-

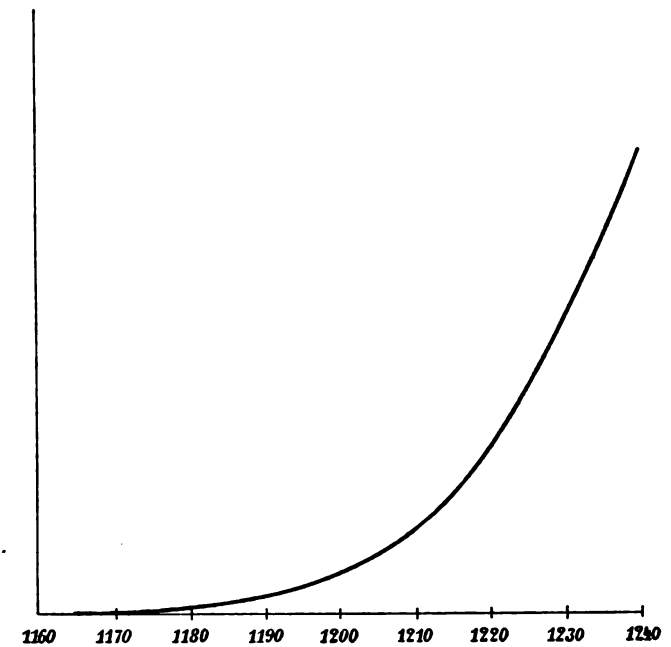


Fig. 6.

wähnt wurden, sind allerdings jene genaueren Methoden ausgeschlossen; sehr störend ist für die exakte Messung der große Temperatureinfluß.

Die Dissoziation der Silikatschmelzen und das Nernst'sche Gesetz.

Silikatschmelzen sind Elektrolyte und daher dissoziiert. Über die Dissoziation der Schmelzen überhaupt ist nicht viel be-

Digitized by Google

kannt; genauere Arbeiten über das Leitvermögen der Schmelzen liegen nur wenige vor, wie die von F. Braun, Foussereau,[1] Poincarré,[2] Graetz.[3]

Bei den von jenen Forschern untersuchten Schmelzen, Chloriden, Nitraten, Sulfaten, war das Leitvermögen ein sehr großes und es nimmt mit der Temperatur stark zu.

Für Silikate haben Barus und Iddings in drei Fällen das Leitvermögen bestimmt, wobei sich keine Gesetzmäßigkeit ergab, weil bei den Versuchen keine einfachen Silikate von stöchiometrischer Zusammensetzung, sondern mechanische Gemenge, Kristallkonglomerate, angewandt wurden. Es ergibt sich daher die Notwendigkeit der Bestimmung der Leitfähigkeit 1. reiner Silikate, 2. gemengter Silikate, indem kleine Mengen eines Silikates *A* in einem Silikat *B* von bekannter Leitfähigkeit gelöst werden. Aus vorläufigen Untersuchungen und auch aus den Versuchen von Barus und Iddings geht hervor, daß der Temperatureinfluß auf die Dissoziation ein enormer ist, indem diese mit steigender Temperatur sehr stark wächst.

Für Elektrolyte hat das Nernst'sche Gesetz von der Löslichkeitserniedrigung bei Gegenwart eines gemeinschaftlichen Ions Gültigkeit. Demnach müssen sich auch für Schmelzlösungen Schlüsse über die Dissoziation aus der Anwendung des Nernstschen Gesetzes ergeben. Die zahlreichen Versuche zeigen nun, daß bei Zugabe eines fremden Ions die Löslichkeit erhöht und bei Zugabe eines gemeinschaftlichen Ions erniedrigt wird. Im allgemeinen zeigen aber die bisherigen Beispiele keine sehr große Veränderung, höchstens 40 bis 50°, oft sogar weniger, was 1·5 bis 3% ausmacht, und dabei müssen noch die Versuchsfehler angerechnet werden; aber die Konstanz der Erniedrigung zeigt doch, daß wirklich ein Einfluß vorhanden ist. Es gibt aber auch Ausnahmsfälle, wo die Schmelzpunkte erhöht werden, statt, wie die Theorie es verlangt, erniedrigt.

So hat Orthoklas $KAlSi_3O_8$ die Eigenschaft, die Schmelzpunkte von Mischungen aus Olivin Mg_2SiO_4 und Diopsid

[1] Annales de chimie et physique, VI série, 5 (1885).

[2] Ibidem, VI sér., 21 (1890).

[3] Annalen der Physik, Bd. 40.

Digitized by Google

$CaMgSi_2O_6$ zu erhöhen. In den meisten Fällen liegt aber ein nicht unmerklicher Einfluß vor und dies zeigt, daß der Dissoziationsgrad wahrscheinlich doch kein sehr geringer ist, wenn er auch nicht ein bedeutender ist. Ohne Bestimmung der Leitfähigkeit sowohl einfacher als auch gemischter Schmelzen kann aber kein exakter Schluß gezogen werden. Daß bei Zusatz eines Nichtsilikates die Schmelzlöslichkeit bedeutend geändert wird, ist begreiflich, doch treten dann meist chemische Reaktionen in der dissoziierten Schmelze ein, welche die Schmelzkurven verändern; außerdem können z. B. Al_2O_3, Fe_2O_3 sich mit Silikaten in isomorpher Mischung verbinden. Der Einfluß eines dritten Ions zeigt aber, daß der Dissoziationsgrad oft ein merklicher ist; jedoch sind direkte Versuche notwendig.

Ich habe daher bereits angefangen, die experimentelle Bestimmung der Leitfähigkeit einfacher und gemengter Silikatschmelzen durchzuführen; doch sind nicht geringe technische Schwierigkeiten, welche sich einer genaueren Bestimmung entgegenstellen, vorhanden, insbesondere wegen des großen Temperatureinflusses, während die Polarisation wenig störend wirkt.

Elektrische Leitfähigkeit und Viskosität.

Die Leitfähigkeit von Silikatschmelzen wechselt stark mit der Temperatur und ebenso wächst der Flüssigkeitsgrad stark bei steigender Temperatur. Foussereau hat in einigen Fällen den Zusammenhang zwischen Viskosität und elektrischer Leitfähigkeit untersucht.

Bei dem großen Einflusse der Viskosität auf die Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen war vielleicht zu erwarten, daß viskose Silikate weniger dissoziiert sind, und Foussereau hat den Quotienten $\frac{\eta}{\varkappa}$, wenn η den Reibungskoeffizienten, $\varkappa$ die elektrische Leitfähigkeit bei derselben Temperatur darstellt, für verschiedene geschmolzene Salze und bei verschiedenen Temperaturen berechnet; er schloß, daß das Leitvermögen jedes Salzes bei verschiedenen Temperaturen dem Reibungskoeffizienten η proportional ist. Ein Vergleich verschiedener Salze gab keine einfache Relation zwischen η und $\varkappa$.

Digitized by Google

Für Silikate kann ebenfalls angenommen werden, daß bei steigender Temperatur diese beiden Größen proportional sich ändern und daß der Dissoziationsgrad bei hoher Temperatur größer ist; die Änderung von η und $\varkappa$ ist eine sehr bedeutende.

Beurteilung der Dissoziation aus der Gestalt der Schmelzkurven.

Die Änderung der Schmelzkurven bei dissoziierten Verbindungen wurde vor kurzer Zeit durch Bakhuis-Roozeboom[1] einer theoretischen Betrachtung unterzogen, welche sich hauptsächlich auf den Fall bezieht, bei welchem die beiden Komponenten zu einer binären Verbindung zusammentreten. Auch Kremann[2] hat früher solche Fälle bei organischen Verbindungen studiert und die Kurven benützt, um aus ihnen den Dissoziationsgrad kennen zu lernen. Die Berechnungen sind nach Roozeboom sehr kompliziert und dürfte nach ihm ein Bild vom Dissoziationsgrad aus der Abflachung der Schmelzkurven nur bei binären Gemischen organischer Körper ableitbar sein. Er schließt, daß die Existenz einer Schmelzkurve einer binären Verbindung die Existenz dieser in den flüssigen Gemischen ihrer Komponenten voraussetzt.

Wichtig ist sein Satz, daß bei scharfen Schmelzpunkten das Ionisationsgleichgewicht sich rasch einstellt; wir können daher z. B. bei der ersten Klasse von Silikaten *(A)*, vergl. p. 618, schließen, daß hier tatsächlich das Ionisationsgleichgewicht sich viel rascher einstellt als bei der zweiten Klasse (Feldspat, Leucit). Bei diesen findet in der Schmelzlösung ein Zerfall in Komponenten statt.

Auch von einem andern Standpunkte kommen wir zu ähnlichen Resultaten; jene letztere Klasse von Silikaten ist nicht so leicht kristallisierbar wie erstere. Schmilzt man die ersteren Silikate, so bekommt man meistens bei der Umschmelzung denselben Körper wieder, was bei ersteren nicht zutrifft. Auch mißlingen bei jenen die Impfversuche. Es scheint, daß also die Viskosität mit der langsamen Einstellung des Gleichgewichtes in Zusammenhang steht.

---

[1] Zeitschr. für physik. Chemie, *53*, 449 (1905).

[2] Diese Sitzungsberichte, Bd. 113 (1904).

Digitized by Google

Man könnte daher aus dem Umstande, daß die Klasse *B* keinen scharfen Schmelzpunkt hat, schließen, daß hier stärkerer Komponentenzerfall in der Schmelze eingetreten ist wie bei 1, andrerseits sind aber jene Silikate stark viskos, was eine geringe Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen voraussetzt; man kann sich daher denken, daß in stark viskosen Silikaten bei der Erstarrung sich kein Ionisationsgleichgewicht einstellt und diese nicht kristallisieren. Solche Silikate haben daher auch kleines Kristallisationsvermögen. Es werden sich daher auch Beziehungen zwischen Dissoziation, Viskosität und dem Kristallisationsvermögen sowie dem Vorhandensein eines scharfen Schmelzpunktes ergeben.

Es ist auch wirklich häufig der Fall beobachtet worden, daß die Schmelzkurven nicht die ideale Form zeigen, sondern daß Unregelmäßigkeiten, Abflachungen, Erhöhungen vorkommen; in andern Fällen hat die Schmelzkurve kaum einen deutlichen eutektischen Punkt. Sie ist ganz abgeflacht und mehr horizontal; dies würde auf Dissoziation, auf Zerfall in Komponenten hinweisen. Namentlich Schmelzen, die Nephelin, Albit enthalten, zeigen solche flache Kurven ohne scharfen eutektischen Punkt. Wo also ein solcher nicht vorkommt, dürfte Dissoziation in stärkerem Grade zu vermuten sein.

Übersicht.

Die Resultate dieser Arbeit stelle ich kurz zusammen:

1. Die Silikate zerfallen in zwei Klassen; die erste zeichnet sich durch größere Viskosität, wenig scharfen Schmelzpunkt, geringeres Kristallisationsvermögen aus. Das Ionisationsgleichgewicht stellt sich langsam bei ihnen ein. Die andere Klasse hat geringere Viskosität, schärferen Schmelzpunkt, großes Kristallisationsvermögen. Zu diesen ersteren gehören die einfachen, zu den letzteren die komplexeren Silikate, welche in der Schmelze thermolytisch in zwei Komponenten zerfallen.

2. Für die Möglichkeit der kristallinen Erstarrung eines Silikates ist die Veränderung der Viskosität bei fallender Temperatur von Wichtigkeit; Schmelzen, die bei der Erstarrung unter ihrem Schmelzpunkte noch einen großen Flüssigkeits-

Digitized by Google

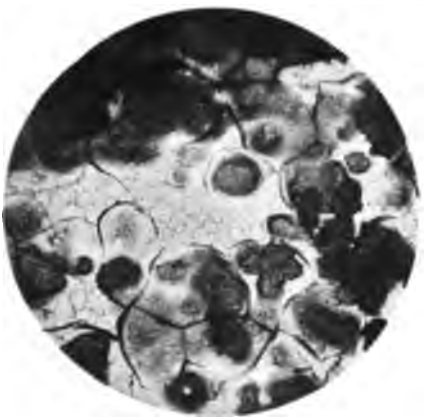
grad haben, zeigen großes Kristallisationsvermögen; dies sind zumeist solche Silikate, welche nicht in Komponenten zerfallen.

3. Zur Bestimmung der Schmelz- und Erstarrungskurven ist die optische Methode mit dem Kristallisationsmikroskop viel besser geeignet als die thermische bei jenen Stoffen, deren Schmelz- und Kristallisationsgeschwindigkeit sehr gering ist.

4. Bei Silikatgemengen müssen die Schmelzpunkte kristalliner Mischungen, die Erweichungspunkte der Gläser und die Erstarrungspunkte bestimmt und die entsprechenden Kurven verglichen werden. Die letzteren Kurven laufen meist annähernd parallel, doch sind die Punkte der letzten Erstarrung stark von der Unterkühlung abhängig. Das Schmelz- und Erstarrungsintervall eutektischer Mischungen hängt von der Viskosität ab; bei wenig viskosen Mischungen ist es geringer.

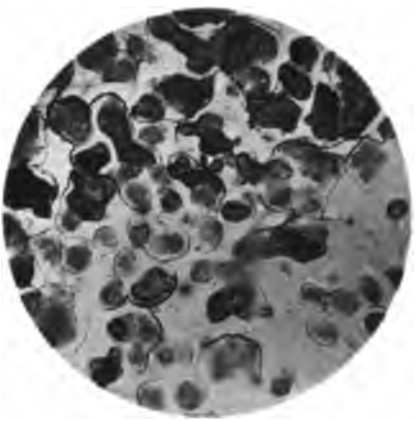
5. Eine Anzahl von Beobachtungen läßt auf Dissoziation der Silikatschmelzen schließen, doch muß vor allem die Leitfähigkeit direkt bestimmt werden.

Digitized by Google



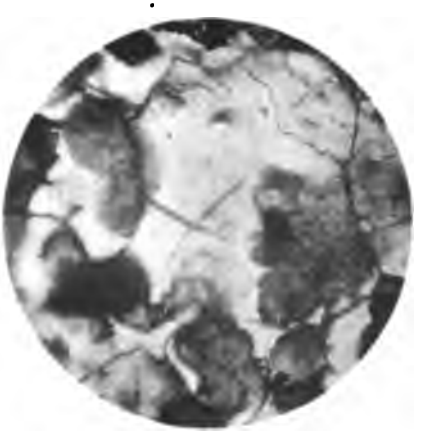
1

2



3

4



5

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fragmente zur Mykologie

(II. Mitteilung, Nr. 64 bis 91)

von

Prof. Dr. **Franz v. Höhnel,**

k. M. k. Akad.

(Mit 2 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. April 1906.)

64. **Cenangium rosulatum** n. sp.

Apothecien zu 6 bis 20, meist bis zum Rande miteinander verwachsen, aus der Rinde hervorbrechend, halbkugelige, meist 4 bis 6 *mm* breite Rosetten bildend, lederartig-fleischig, sepia- bis umbrabraun, trocken schwärzlich, mehr weniger verbogen becherförmig, 1 bis $1^1/_2$ *mm* breit, außen weißkleiig bestäubt, am Rande mit größeren weißen Flocken besetzt. Paraphysen fehlend oder sehr spärlich, fädig, farblos. Asci zylindrisch, 70 bis 110 = 6 bis 8 μ, 8sporig; Sporen hyalin, zweireihig, einzellig, würstchenförmig, meist schwach gekrümmt, meist 10 bis 14 = 2 bis $2^1/_2$ (selten 20 μ lang). Jod gibt keine Blaufärbung.

An morschen berindeten Zweigen von *Salix purpurea* in den Donauauen bei Langenschönbichl bei Tulln in Niederösterreich, Dezember 1905 in schönster Reife.

Der Pilz dürfte am nächsten mit *Cenangium tryblidioides* Ell. und Ev. verwandt sein und ist durch die auf einem flachhöcker- oder scheibenförmigen Stroma sitzenden, meist miteinander seitlich vollständig verwachsenen Apothecien, die zusammen einen an *Cyttaria* erinnernden Körper bilden, sehr ausgezeichnet. Von *Cenangium salicellum* v. Höhn. und *C. Salicis* Schröter ist er völlig verschieden. Stellenweise sind die Paraphysen zahlreicher.

Digitized by Google

Die beigegebenen Figuren wurden von Herrn Viktor Litschauer gezeichnet.

65. Naemacyclus caulium v. Höhn. n. sp.

Apothecien gesellig, erst geschlossen eingesenkt, dann die unverfärbte, zuletzt etwas schwärzliche Oberhaut hervorwölbend, dieselbe schließlich unregelmäßig mehrlappig zer-

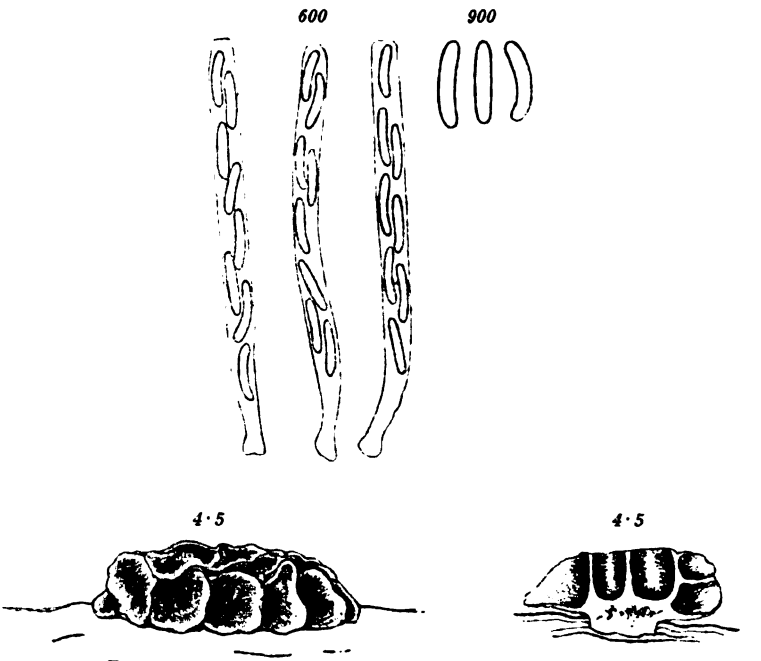


Fig. 1. *Cenangium rosulatum* v. Höhn. Der Pilz von außen gesehen und im Durchschnitt (4·5/1), drei Asci (600/1) und drei Sporen (900/1). Gezeichnet von V. Litschauer in Wien.

reißend und die rundliche, längliche, oft unregelmäßig eckige, schmutziggraue, flache, $^1/_3$ bis $^4/_3$ *mm* lange und $^1/_3$ bis $^2/_3$ *mm* breite Fruchtscheibe entblößend. Asci keulig, oben stumpf abgerundet, unten stark verschmälert, 52 = 10 μ; Sporen zu 8, hyalin, fadenförmig, parallel gelagert, beidendig stumpflich, meist 8zellig (Zellen 4 bis 5 μ lang), mit 8 bis 12 Öltröpfchen,

Digitized by Google

36 bis 52 = 1·6 bis 2·5 μ. Parphysen sehr zahlreich, dünnfädig, oben verzweigt-verflochten, ein dünnes farbloses Epithecium bildend. Hypothecium oben farblos, unten gelblich, aus 3 bis 6 μ breiten, zarten Parenchymzellen aufgebaut, 30 bis 70 μ dick. Gehäuse fehlend. Jod färbt die ganze Fruchtschicht intensiv rotbraun.

An morschen Stengeln von *Urtica dioica* im Wiesenbachtal (Reisalpengebiet) in Niederösterreich, Juni 1905.

Steht der *Naemacyclus flavus* Rehm jedenfalls nahe, scheint aber von derselben doch bestimmt verschieden zu sein.

66. Über Sphaeria Cicutae Lasch-Mspt.

Von dieser Art fehlt noch jede Beschreibung. In der Botanischen Zeitung, 1854, p. 188, sowie in der Syll. Fung., II, p. 443, wird nur der Name aufgeführt. Hingegen existiert das Originalexemplar im Klotzschii Herb. viv. mycol., Nr. 1848. Von diesem konnte ich ein gutes, mit einer handschriftlichen Notiz von Lasch »Sphaeria Cicutae m. prope Driesen, Lasch« versehenes Exemplar, das ich der Güte des Herrn Dr. O. Pazschkes verdanke, untersuchen. Dasselbe zeigte mir folgenden Befund.

Auf der Unterseite gebräunter und vertrockneter Blattzipfel sitzen zerstreut oder teilweise einander genähert 50 bis 115 μ breite, mit der Lupe betrachtet schwärzliche, unter dem Mikroskope braune dünnhäutige Pycniden ohne deutliches Ostiolum, die anfangs kugelig und unter die Epidermis eingesenkt sind und dann hervorbrechen und die Gestalt von kurzen Zylindern, dicken Scheiben oder breit abgestutzten Kegeln annehmen, die anscheinend oberflächlich sitzen. Diese springen dann oben unregelmäßig oder meist mit einer weiteren, oft den Durchmesser der Pycnide erreichenden Öffnung auf und entlassen die zahllosen hyalinen geraden oder schwachgekrümmten, an beiden Enden abgestumpften und kaum merklich verdickten (also fast knochenförmigen), 4 bis 5 = 1 μ großen Sporen. Die Sporenträger, die im unteren Teil der Pycniden dicht parallel stehen, sind einfach oder wenig verzweigt und bis 150 μ lang, kaum $^1/_2$ bis 1 μ dick. Die Sporen scheinen ursprünglich in kurzen, leicht zerfallenden

Digitized by Google

Ketten zu stehen. Die Pycnidenwandung ist deutlich parenchymatisch.

Neben diesen Pycniden findet man noch an denselben Blattstellen einen etwa ebenso großen, ganz unreifen Pilz, der zwar noch keine Asci aufweist, von dem ich aber nach seinem sonstigen Verhalten nicht zweifle, daß es ein kleiner Discomycet, und zwar höchstwahrscheinlich eine *Pyrenopeziza* ist.

Die Pycniden könnte man als eine *Phyllosticta* mit sehr weitem Ostiolum oder besser als eine *Dothichiza* betrachten. In der Tat sind ganz ähnliche *Dothichiza*-Arten mit kleinen stäbchenförmigen Sporen bekannt. Wären die Sporen deutlich gekettet, so könnte man an die Formgattung *Sirococcus* denken. Damit wären aber die wirklichen Verwandtschaftsverhältnisse des Pilzes nicht erkannt. Nach einiger Überlegung gewann ich, namentlich mit Rücksicht auf den die Pycniden begleitenden Discomyceten die Überzeugung, daß es sich hier um eine *Placosphaeria* handelt, als Conidienpilz einer neuen *Pyrenopeziza*. Diese Überzeugung wurde vollkommen bestätigt durch die vergleichende Untersuchung von *Placosphaeria Campanulae* und *Pl. punctiformis*, welche bekanntlich zu zwei *Pyrenopeziza*-Arten gehören. Die Ähnlichkeit der *Sphaeria Cicutae* mit *Pl. punctiformis* ist eine so große, daß jeder Zweifel an der richtigen Stellung des Lasch'schen Pilzes bei *Placosphaeria* ausgeschlossen ist.

Die Pycniden der *Sphaeria Cicutae* Lasch müssen daher *Placosphaeria Cicutae* (Lasch) v. Höhn. genannt werden, sie gehören so gut wie sicher zu einer *Pyrenopeziza*, die bis heute reif noch nicht gefunden wurde und *Pyrenopeziza Cicutae* (Lasch) v. Höhn. zu nennen sein wird.

Noch bemerke ich, daß auf Umbelliferen schon einige *Pyrenopeziza*-Arten bekannt sind, von welchen *P. Eryngi* Fuck. und *P. subplicata* Rehm sowie die auf *Cicuta* auf dürren Blättern vorkommen.

67. Über Zythia Rhinanthi (Sommerf.) Fr.

Obwohl ich schon vor drei Jahren (diese Sitzungsberichte, Bd. 111, p. 1018) angegeben habe, daß *Zythia Rhinanthi*

Digitized by Google

(Sommerf.) Fr. keine Sphäropsidee ist, sondern der sklerotienähnliche unentwickelte Zustand einer *Pyrenopeziza*, und zwar wohl zweifelsohne der *Pyrenopeziza Rhinanthi* (Karsten, Mycol. fennica, Pars I, p. 200, sub *Mollisia*), figuriert der Pilz noch immer als *Zythia* und wurde noch jüngst von Krieger, F. sax., Nr. 1946, als *Zythia Rhinanthi* (Lib.) Fr. ausgegeben. Eine erneute Untersuchung ergab das gleiche Resultat. Andere *Pyrenopeziza*-Arten, z. B. *P. Rubi*, verhalten sich im gleichen Entwicklungsstadium ganz gleich. Querschnitte der entwickeltsten Stücke der *Zythia Rhinanthi* zeigen die beginnende Entwicklung der Fruchtscheibe mit parallelen Paraphysen und schließen jede andere Deutung aus. Der Pilz dürfte erst spät ganz ausreifen, da noch im November gesammelte Exemplare den Sklerotienzustand aufwiesen. Wahrscheinlich entwickelt er sich wie so viele Ascomyceten erst im folgenden Frühjahre. Darüber wären Versuche anzustellen. Karsten fand seine *Mollisia Rhinanthi* nur ein einziges Mal.

Libert's Originalexemplar (Pl. crypt. Arduennae, Nr. 263) zeigt eine Etikette mit dem Inhalte: *Sphaeronema Rhinanthi*, *Sphaeria Rhinanthi* Sommerf. Lapp., p. 220. Peritheciis sparsis, rotundis, plano depressis, poro simplici pertusis, nigris, globulo sporophoro minuto albo. Ad caules et capsulas *Rhinanthi*. Vere. Dasselbe zeigt nur den in Rede stehenden Pilz, daher *Sphaeria Rhinanthi* Sommerf. der älteste Name für diesen ist und Sommerfelt als Autor der Spezies zu gelten hat. Ferner ist sicher, daß die von Fries (Elench. fung., II, p. 108) erwähnte, von Mougeot auf *Rhinanthus* gefundene Form von *Sphaeria complanata* Tode auch derselbe Pilz ist. *Sphaeria complanata* Tode ist offenbar eine Mischform und wahrscheinlich so wie *Zythia Rhinanthi* ein unreifer Zustand verschiedener *Pyrenopeziza*-Arten. Da Libert's Originalexemplar nur den in Rede stehenden Pilz zeigt und Fuckel denselben als völlig identisch mit seiner *Phoma deustum* erklärt, so ist letzterer Name einfach eine überflüssige Umtaufung und daher ein Synonym.

Nach allem Gesagten muß der Pilz *Pyrenopeziza Rhinanthi* (Sommerf.) Saccardo heißen.

P. Hennings gibt in Rabenhorst-Pazschke, F. europ. et extraeuropaei, Nr. 4187, sub *Sphaeronema Rhinanthi* Lib.,

Digitized by Google

Exsc. Nr. 263, als Synonyme *Phoma deustum* Fuck. und *Doassansia Rhinanthi* Lagerh. an. Daß *Doassansia Rhinanthi* Lagerh. in der Tat derselbe Pilz ist, zeigt das Originalexemplar in Sydow, Ustilagineen, Nr. 95, sofort. Da Fuckel (Symb. mycol., p. 377) seine *Phoma deustum* = *Sphaeronema Rhinanthi* Lib. Exs. 263 erklärt, so ist Hennings' Angabe richtig, im Gegensatze zu der von Magnus (Verh. bot. Ver., Brandenburg 1896, 38. Bd., p. 10), der beide für verschieden hält und sagt, daß sich auf dem Berliner *Abectorolaphus minor* beide vorfinden. Ich kann jedoch auf Sydow, Myc. march., 4306, nur einen Pilz und absolut keine *Phoma* finden, obwohl das Exemplar (ausnahmsweise!) reichlich ist und von Wilmersdorf bei Berlin stammt. Die falschen Angaben Fuckel's über den inneren Bau und die »Sporen« der *Phoma deustum* müssen auf irgend einem Irrtum beruhen, denn der Pilz ist sklerotiumartig entwickelt und hat weder Sporen noch Sporenträger. Wahrscheinlich hat Fuckel entwickeltere Stücke untersucht und die Paraphysen, die zuerst entstehen, für Sporenträger gehalten. Zerquetscht man die Sklerotien, so lösen sich häufig die Parenchymzellen derselben voneinander und runden sich ab. Diese Zellen hat P. Hennings für Sporen gehalten. Er beschreibt sie (l. c.) als kugelig, elliptisch oder eiförmig, farblos, 14 bis 25 = 12 bis 20 und mit 3·5 μ dicker, glatten Membrane.

Die Synonymie dieses Pilzes lautet:

Pyrenopeziza Rhinanthi (Sommerf.) Sacc., Syll., Bd. 8, p. 358.

Sphaeria complanata Tode pro parte!
Sphaeria Rhinanthi Sommerfelt, Fl. lapp., 1826, p. 220.
Sphaeronema Rhinanathi Libert, Exsic. 263.
Zythia Rhinanthi Fries. Summa veg. Sc., 408.
Phoma deustum Fuckel, Symb. myc., 377.
Mollisia Rhinanthi Karsten, Myc. fenn., I, p. 22.
Doassansia Rhinanthi Lagerheim in Sydow, Myc. march., Nr. 4306, und Sydow, Ustilag., Nr. 95.

68. Unguicularia falcipila n. sp.

Ascomata oberflächlich, breit aufsitzend, flach, dünn, zerstreut oder zu mehreren genähert, sehr blaß fleischrötlich,

Digitized by Google

100 bis 240 μ breit, außen dicht mit 20 bis 24 μ langen, hyalinen, einzelligen, unten bauchig auf 3 bis 4 μ verbreiterten, daselbst mit einem breiten Lumen versehenen, nach obenhin bis zum Verschwinden des Lumens verdickten, rasch bis auf 1 bis $1^1/_2$ μ verschmälerten, stark bogig-hakig einwärts gekrümmten Haaren bedeckt. Asci breit sitzend, dickkeulig, stumpf, dünnwandig, oben kappenförmig bis 2 μ verdickt, 8sporig. Sporen zweireihig, hyalin, einzellig, länglich, fast stäbchenförmig, gerade oder kaum gekrümmt, ohne oder mit zwei sehr kleinen Öltröpfchen an den Enden, daselbst abgerundet, $5^1/_2$ bis 7 = 1·5 bis 2 μ. Paraphysen spärlich, dünnfädig. Jod gibt nirgends Blaufärbung.

An morschen Stengeln von *Urtica dioica* im Wiesenbachtal (Reisalpe) in Niederösterreich, sehr spärlich, Juni 1905.

Eine höchst charakteristische Form, die ganz gut in die von mir aufgestellte Gattung *Unguicularia* paßt, obwohl nicht zu verkennen ist, daß sie zu *Dasyscypha* neigt (siehe Ann. mycol., 1905, p. 404). Unter den bereits beschriebenen Formen scheint es mir nur möglich, daß *Peziza cirrata* Crouan damit verwandt oder identisch ist, was aber aus der ungenügenden Beschreibung nicht sicher festzustellen ist.

69. Enchnoa alnicola n. sp.

Perithecien dicht zertreut, etwa 1 *mm* breit, scheibenförmig flachgedrückt, weich, fleischig-lederartig, vollständig und dauernd bedeckt, das Periderm mit sehr kleiner Mündungswarze durchbrechend; außen dicht wollig, dunkelbraun, filzig, Filz aus violettbraunen, zirka 4 bis 5 μ breiten Haaren gebildet. Paraphysen sehr zahlreich, die Asci weit überragend, fädig, 3 bis 5 μ breit. Asci sehr zahlreich, sehr zart, gestielt, keulig, 60 bis 80 = 6 bis 8 μ, 8sporig; Sporen 2- bis 5-reihig geballt, gelblich, in Haufen gelbbräunlich, würstchenförmig, mit meist zweiteiligem Inhalte, schwach gekrümmt, 8 bis 12 = 1·5 bis 2·5 μ.

An fingerdicken Zweigen von *Alnus (glutinosa?)* in den Langenschönbichler Donauauen bei Tulln in Niederösterreich, Dezember 1905.

Steht der *Enchnoa lanata* Fries auf *Betula*-Zweigen sehr nahe, hat aber kleinere, lockerer stehende Perithecien und

Digitized by Google

dürfte, wie der Vergleich mit Fuckel's Exemplar der letzteren Art zeigt, davon spezifisch verschieden sein.

70. Über Sphaerella Leersii Pass.

Ein großer Teil der aufgestellten Pyrenomyceten arten beruht teils darauf, daß unreife Exemplare als reif gehalten und beschrieben werden, teils auf unrichtiger Bestimmung des Nährsubstrates und teils darauf, daß die Beschreibungen meist Einzelbeschreibungen sind, die nicht den ganzen Formenkreis der Art umfassen und daher auf die Maßangaben zuviel Gewicht gelegt wird. So ist sicher ein großer Teil der zahllosen *Leptosphaeria*-Arten nicht autonom.

Sphaerella Leersii Pass. (Hedwigia, 1878, p. 46) ist als Originalexemplar in de Thümen, Mycoth. univ., Nr. 965, ausgegeben. Die Beschreibungen dieser Art sind sämtlich falsch. Saccardo (Syll. II, 173) und Berlese (Icones fung., Vol. I, p. 128) betrachten diese Art als *Metasphaeria*. Berlese sah nur die mittlere Querwand der Sporen, doch fand er Paraphysen und meint, daß vielleicht eine *Didymella* vorliegt. Die Untersuchung des (ganz guten und unzweifelhaften) Originalexemplares zeigte mir, daß ein unreifer Pilz vorliegt. Die ganz unreifen Perithecien entsprechen der Beschreibung der Autoren, ich fand eben neben solchen auch etwas reifere und ein ganz reifes, dessen Zugehörigkeit außer Zweifel war, da alle Übergänge zu finden waren. Dieses reife Perithecium zeigte sechszellige, blaß bräunlichgelbe, 25 μ lange und 5 bis $5^1/_2$ μ breite Sporen und Asci 60 bis 70 = 10 bis 11 μ mit verklebten Paraphysen. Der Pilz ist vollständig identisch mit *Leptosphaeria culmicola* (Fries) sensu Winter. Dieser gibt zwar die Sporen mit 19 bis 22 = $3^1/_2$ bis $4^1/_2$ μ an, allein sein eigenes Exemplar (in de Thümen, Myc. univ. Nr. 457) zeigt bis 30 μ lange Sporen! Daraus ergibt sich zugleich, wie vorsichtig die Maßangaben beurteilt werden müssen.

Sphaerella Leersii Pass. = *Metasphaeria Leersii* Sacc. ist daher als Art völlig zu streichen und synonym zur *Leptosphaeria culmicola* (Fries) sensu Winter.

Digitized by Google

71. Über Diaporthe syngenesia (Fr.), Berlesiana Sacc. et R. und nigricolor Nke.

Diaporthe syngenesia (Fr.) Fkl. ist eine häufige Art, die in zahlreichen Exsikkaten ausgegeben ist. Das Originalexemplar von *Diaporthe Berlesiana* Sacc. und Roumeg. findet sich in C. Roumeguère, Fung. gall. exsic., Nr. 2687 (Reliquiae Libertianae, Série III).

Ein sehr schönes Exemplar dieser Form hat Rehm in seinen Ascomyceten sub Nr. 1598 ausgegeben. *Diaporthe nigricolor* Nitschke ist von demselben Autor sub Nr. 1538 ediert worden. Diese drei *Diaporthe*-Formen wachsen sämtlich auf dünneren Zweigen von *Rhamnus Frangula*. Nur von *Diaporthe syngenesia* gab Sydow, Myc. march., Nr. 3138, ein angeblich auf *Rhamnus infectoria* gewachsenes Exemplar aus. Hingegen gab F. Fautrey in Fung. gallic., Nr. 6917, eine *Diaporthe syngenesia* (Fries) *forma Salicis* auf *Salix vitellina* aus, deren Sporen zwar denen von *Diaporthe syngenesia* höchst ähnlich sind, die ich aber für *Diaporthe Briardiana* Sacc. (Miscell. myc., I, p. 3 in Atti del R. Istituto veneto, Ser. 6, Tome III) halte.

Durch die Unmöglichkeit, diese drei *Diaporthe*-Arten äußerlich voneinander zu unterscheiden, aufmerksam gemacht, studierte ich sie genauer und fand, daß sie alle derselbe Pilz sind. *Diaporthe Berlesiana*, die ich am Originalexemplar studieren konnte, ist vollkommen gleich der gewöhnlichen Form von *syngenesia*. Nach der Beschreibung sollen sich die Sporen der *Berlesiana* durch den Mangel der Anhängsel von denen der *syngenesia* unterscheiden. Allein diese Anhängsel sind auch bei letzterer Art meist nur rudimentär entwickelt, oft fehlen sie ganz und nur selten sind sie deutlich borstenförmig. Kurz, zwischen *Berlesiana* und *syngenesia* ist gar kein Unterschied vorhanden. Scheinbar ganz anders verhält es sich aber mit *Diaporthe nigricolor*, welche eine *Euporthe* ist, während *syngenesia* zu *Chorostate* gehört. Es erscheint von vorneherein fast absurd, daß sie denselben Pilz darstellen könnten, und doch ist es so. Nicht nur, daß man bei *syngenesia* nicht selten einzelne Perithecien ins Holz hineinreichen sieht, ja oft ganz im Holzkörper

Digitized by Google

eingesenkt findet, sieht man bei *nigricolor* stets, daß nur ein Teil der Perithecien in dem Holzkörper versenkt ist, andere stecken ganz im Rindengewebe. So könnte z. B. Rabenhorst's Fungi europaei, Nr. 2525, die als *syngenesia* ausgegeben ist, ebensogut als *nigricolor* gelten. Es stellt eine vollständige Übergangsform dar. Jene Formen, deren Perithecien ins Holz eingelagert sind, haben die Neigung, dieselben mehr vereinzelt und zerstreut auszubilden, während die im weicheren Rindengewebe gebildeten Perithecien, wie mir scheint, naturgemäß einen gemeinschaftlichen Austrittspunkt suchend, eher valsoide Gruppen bilden, doch fand ich oft holzständige Perithecien in Valsaartigen Gruppen. Überhaupt ist in der Anordnung der Perithecien zwischen den als *syngenesia* und den als *nigricolor* geltenden Exemplaren, von der Tiefenlage der Perithecien abgesehen, gar kein Unterschied vorhanden. Offenbar hat Nitschke der der *nigricolor* stets locker zerstreute Perithecien zuschreibt, nur wenig Material in Vorlage gehabt.

Der Umstand, ob an berindeten Zweigen Perithecien in der inneren Rinde oder in den äußersten Holzschichten lagern, ist weit weniger — vielleicht gar nicht — eine spezifische Eigentümlichkeit des betreffenden Pilzes als vielmehr ein zufälliger Umstand, der davon abhängt, wann die Perithecienanlage stattfindet. Geschieht diese etwa im April bis Mai, wenn das Holzcambium in lebhaftester Tätigkeit ist, so werden die Perithecien von den rasch gebildeten Holzmassen eingeschlossen, geschieht sie aber etwa im August, wenn der Holzring fertig ist, so werden sich die Perithecien in der Innenrinde vorfinden müssen. Es ist auch möglich, daß spät entstehende Perithecien, die in der Cambiumschicht gelagert sind, im darauffolgenden Jahr ins Holz eingeschlossen werden.

Daraus geht hervor, daß dem Umstande, ob an berindeten Zweigen die Perithecien ins Holz eingesenkt sind, oder in der Innenrinde gelagert sind, nicht jene große systematische Bedeutung zukommt, die ihm Nitschke zuschreibt. Ich zweifle nicht, daß ein näheres Studium noch andere Fälle ergeben wird, wo *Euporthe-*, *Tetrastaga-* und *Chorostate*-Formen als zusammengehörig erkannt werden werden.

Digitized by Google

Aus dem Gesagten geht hervor, daß *Diaporthe syngenesia*, *Berlesiana* und *nigricolor* ein und derselbe Pilz sind und daß diese Formen nicht einmal als Varietäten gelten können.

72. Über Valsa subcongrua Rehm.

Da mir beim Studium der Diagnose dieser Art die Angabe auffiel »Paraphyses longae, tenerae, septatae, c. 5 μ crassae« (Hedwigia, 1882, p. 75; die Diagnose in Winter, II. Gymnoasceen und Pyrenomyceten, p. 719, ist unvollständig), gewann ich die Überzeugung, daß sie eine *Calosphaeria* ist, und zwar höchstwahrscheinlich *C. parasitica* Fuckel. Herr Dr. Rehm hatte auf meine Bitte hin die Freundlichkeit, mir ein Originalexemplar »Auf faulendem Ast von *Alnus viridis*, Buchenegger Berg bei Oberstauffen (Allgäu), 900 *m*, leg. Britzelmayer, 1881« zu senden.

Die Untersuchung desselben zeigte mir *Fagus*-Zweige, die dicht mit überreifen, entleerten Peritheciengruppen von *Quaternaria Persoonii* besetzt waren, in welchen hie und da sehr spärlich einzelne Perithecien von *Calosphaeria parasitica* Fuckel saßen, die ganz reif und sicher bestimmbar waren. Rehm hielt diese Perithecien und die alten der *Quaternaria* als zusammengehörig, woraus sich seine Beschreibung, die eine Kombination von Teilen der beiden Pilze darstellt, erklärt.

Valsa subcongrua Rehm., ist daher völlig identisch mit *Calosphaeria parasitica* Fuckel die, wie bekannt, genau dieselbe Lebensweise und denselben Standort hat wie Rehm's Pilz.

73. Über Valsa melanodiscus Otth.

Der Güte des Herrn Prof. Dr. Eduard Fischer in Bern verdanke ich die Möglichkeit, das kleine, aber gute Originalexemplar dieser Art, das von Otth bei Steffisburg an dünnen *Alnus*-Zweigen gesammelt wurde, zu untersuchen. Ich überzeugte mich, daß wirklich *Alnus* die Nährpflanze des Pilzes ist, und glaube, daß die Art, die sehr schön und charakteristisch ist, bisher nur von ihrem Entdecker gefunden wurde. Auf demselben kleinen Zweigstücke kommt neben dem *Ascus*-Pilz noch eine ganz ähnlich aussehende und ohne jeden Zweifel dazu-

Digitized by Google

gehörige charakteristische *Cytospora* vor, die bisher nicht beschrieben wurde. Da die vorliegende Otth'sche Beschreibung (in Bern. Mitth., 1870, p. 97; Syll., XIV, 482) unvollständig ist, so gebe ich die folgende zur Ergänzung.

I. *Ascus*-Pilz. Perithecien zu 2 bis 6 in rundlichen valsoiden Gruppen, unter dem dünnen Periderm im primären Rindenparenchym nistend, das Periderm wenig blasig auftreibend, rundlich, meist leibartig flachgedrückt, 500 bis 620 μ breit, liegend, mit zirka 500 langen Hälsen, die zu einer rundlichen, glatten, schwarzen, festen, placentaartig erweiterten, $^1/_3$ bis $^2/_3$ *mm* breiten, oben in der Mitte oft bräunlichen, mit punktförmigen undeutlichen Mündungen versehenen Scheibe fest verwachsen sind. Perithecienmembran braun, lederartig. Stroma von der Rindensubstanz nicht verschieden. Asci ohne Spur von Paraphysen, sehr zahlreich, sehr zartwandig, zylindrisch-keulig, nach unten verschmälert, nicht gestielt, oben quer abgeschnitten, 36 bis 40 = 5 bis 6 μ. Sporen zu acht (manchmal scheinbar etwas mehr), ganz hyalin, gerade, meist aber schwach gekrümmt, würstchenförmig, 8 bis 11 = 1 bis $1^1/_2$ μ.

II. Spermatienpilz: *Cytospora melanodiscus* (Otth) v. Höhn. Pilz halbiert, schildförmig, flach, innen meist nur mit einer am Rande oft gelappten, ein mehr minder deutliches Mittelsäulchen ringförmig umgebenden Kammer, 1 bis $1^1/_2$ *mm* breit, durch das scheiben- oder sehr flachkegelig aufgetriebene Periderm dunkelbraun durchschimmernd, in der Mitte einen schwarzen, glänzenden, rundlichen, knopf- oder scheibenförmigen, oben abgeflachten und meist einige punktförmige Ostiola zeigenden Discus tragend. Sporenträger die einfache, seltener geteilte Kammer überall dicht auskleidend, einfach, 6 bis 12 μ lang; Spermatien hyalin, sehr klein, meist gerade, stäbchenförmig, 2 bis 3 = $^1/_2$ μ.

Der Pilz ist durch den bei beiden Formen gleichgestalteten knopfartigen schwarzen harten Discus sehr ausgezeichnet und leicht kenntlich und bedeckt die Zweige, ziemlich dicht stehend, ringsum. Er gehört zu den *Euvalsa circinatae* und nimmt unter diesen eine isolierte Stellung ein.

Digitized by Google

74. Über Coronophora thelocarpoidea n. sp. und die Gattung Cryptosphaerella Sacc.

Perithecien schwarz, kohlig, meist birnförmig, scheinbar oberflächlich, aber offenbar ursprünglich zum Teil unterrindig entwickelt, mit kleinem Ostiolum auf der kegelförmigen Papille, einzeln stehend oder zu zwei bis mehreren dicht gehäuft, 220 bis 260 μ breit, 300 bis 360 μ hoch. Asci wenige, nicht oder kurz gestielt, keulenförmig, oben verschmälert, quer abgestumpft, zahllose, hyaline, eiförmige oder längliche, zirka 2 μ lange und 1 μ breite Sporen enthaltend, 170 bis 200 μ lang, 14 bis 16 μ breit. Paraphysen lang, zahlreich, fädig.

An einem stark vermorschten, teilweise berindeten Aststück von *Fagus silvatica* im großen Steinbachgraben bei Untertullnerbach im Wienerwalde, Juli 1905.

Eine sehr interessante Form, die durch Asci und Paraphysen sofort an *Thelocarpon* erinnert. Die Perithecien stehen tatsächlich oberflächlich und würde daher der Pilz eine neue Gattung darstellen, allein seine Verwandtschaft mit *Coronophora myriospora* Nitschke = *C. Nitschkei* Sacc. (Nitschke, Pyrenomyc. germ., p. 100; Saccardo, Syll., I, p. 105) ist eine so unverkennbare, daß er nur bei *Coronophora* untergebracht werden kann. Wenn, wie dies oft der Fall ist, die Perithecien einzeln, zerstreut stehen, erinnert der Pilz äußerlich an *Melanomma ovoideum*. Aber er kommt auch valsoid gehäuft vor. An stark vermorschten Hölzern kommen oft Pyrenomyceten oberflächlich stehend vor, die eigentlich normal eingesenkt auftreten, und dies ist auch sicher bei der beschriebenen Form der Fall. Schon das oft valsaartige Auftreten desselben spricht dafür.

Leider ist *Coronophora Nitschkei* Sacc. wie es scheint, bisher nur einmal gefunden worden und daher nicht ausgegeben. Rehm hat zwar in seinen Ascomyc. exsiccat. sub Nr. 1512 einen Pilz unter diesem Namen ediert, allein die Untersuchung zeigte mir, daß es nicht diese Art, sondern *Coronophora annexa* Nitschke mit 6 bis 7 = 1 μ großen Sporen ist, während *C. Nitschkei* Sacc., sowie mein Pilz 2 = 1 μ große Sporen, die auch viel zahlreicher im Ascus sind,

Digitized by Google

hat. Rehm, Asc., Nr. 1512, stimmt völlig mit seiner Nr. 1180 (und Krieger, F. Saxon., Nr. 968), die richtig als *C. annexa* Nke. bestimmt sind, überein.

Die nähere Untersuchung der drei genannten Exsikkatennummern zeigte mir, daß *Coronophora annexa* Nke. sich ganz eigenartig erhält und mit den echten *Coronophora*-Arten nichts zu tun hat. Schon das völlige Fehlen von Paraphysen, von denen, wie ich an zahlreichen Perithecien konstatierte, keine Spur vorhanden ist, zeigt dies. Schon Nitschke sagt, daß *C. annexa, jungens* und *angustata* paraphysenlos sind. Daher können sie keine echten Calosphäriaceen sein und sind eher als *Cryptosphaerella* zu betrachten, womit auch die Tatsache stimmt, daß die genannten drei Arten sowie die einzige bekannte *Cryptosphaerella Nitschkei* (Auersw.) sehr lang gestielte Asci besitzen. Ich fand aber weiter, daß *Coronophora annexa* keine Spur eines Ostiolums besitzt, da die Perithecien bis zur völligen Reife vollständig geschlossen sind und dann bei der Sporenentleerung unregelmäßig aufreißen. Berlese (Icones Fung., III. Bd., Taf. 39) bildet zwar Ostiola ab, aber sie existieren nicht, wie ich mich in zahlreichen Perithecien überzeugt habe. Mit diesem Mangel einer Mundöffnung hängen der innere Bau und die Art der Sporenentleerung zusammen. Die Perithecienmembran ist weich, häutig-fleischig und besteht aus zwei Schichten, deren jede aus mehreren Zellagen zusammengesetzt ist. Die äußere Schicht besteht aus braunen festen Parenchymzellen; die innere, dickere besteht aus mehreren Lagen von hyalinen, stark quellungsfähigen, meist quergestreckten Zellen und bildet einen oben mit einem kleinen verschleimten Porus versehenen Sack, in welchem die zahlreichen, langgestielten Asci ohne Paraphysen eingeschlossen sind. Die Asci sind äußerst zahlreich und entspringen radiär angeordnet an einem rundlichen Zellkomplex, der unten befestigt und leicht ablösbar ist. Legt man ein im richtigen Reifezustande befindliches Perithecium in einen Tropfen Wasser, so quillt es an, wird kugelig, reißt plötzlich oben auf, die innere, quellende Peritheciummembranschicht löst sich von der äußeren ab und bildet einen Sack, der sich rasch kontrahiert bis zum Verschwinden des Innenraumes, während der radiär gebaute

Digitized by Google

Ascusknäuel hinausgeschleudert wird. Drückt man nun das unter dem Deckglase befindliche Perithecium etwas zusammen, so tritt noch der zusammengezogene, aus stark verquollenen Zellen bestehende Sack in Form eines zylindrisch-kegelförmigen Gebildes, das nun solide erscheint, heraus und läßt an der Spitze die (ursprünglich eingestülpt gewesene) von längeren pinselförmig abstehenden verquollenen Hyphen begrenzte Austrittsöffnung der Ascusmasse erkennen.

Die plötzlich eintretende Kontraktion des Sackes ist keine gleichmäßige, sie findet in geringerem Maße in radialer Richtung (also von außen nach innen), in viel stärkerem Maße von unten nach oben statt, woraus sich die schließliche Kegelform mit flachem Boden und der Umstand erklärt, daß die Zellen zuletzt schmal und quergestreckt erscheinen. Daher erscheint der kegelförmig zusammengezogene Sack quergestreift.

In überreifen, noch nicht aufgesprungenen Perithecien erscheinen die Asci bereits verquollen und aufgelöst. Die Sporen (6 bis 7 = 1) liegen dann frei im Sacke und werden von diesem nach Zerreißen des Peritheciums hinausgepreßt.

Bei *Coronophora annexa* wird daher die gesamte Ascusinhaltmasse der Perithecien durch die aktive Kontraktion eines aus den inneren Schichten der Perithecienmembran entstehenden, infolge Verquellung kontraktilen Sackes hinausgeschleudert, und zwar auf einmal.

Diesen bemerkenswerten Vorgang, der meines Wissens bisher bei Pyrenomyceten noch nicht beobachtet worden ist, habe ich an zahlreichen frei präparierten Perithecien beobachtet.

Darnach ist es klar, daß *Coronophora annexa* eine ganz abweichende Form ist, die mit den stets ein offenes Ostiolum aufweisenden echten Calosphäriaceen nichts zu tun hat. Durch die geschlossenen Perithecien ohne Mundöffnung wäre es eine Perisporiacee, die Weichheit und Nichtkohligkeit der Perithecienwandung würde ihr wieder einen Platz bei den Hypocreaceen anweisen.

Allein die Verwandtschaft mit den allantoidsporigen Sphäriaceen ist doch zu offenkundig, als daß eine Abtrennung von diesen möglich wäre.

Digitized by Google

Es scheint mir wahrscheinlich, daß noch andere *Coronophora*-Arten, vielleicht *angustata* oder *jungens* denselben Bau aufweisen werden wie die *annexa*, doch fehlt mir das Vergleichsmaterial zum Nachweise.

Insbesondere aber vermutete ich eine nähere Verwandtschaft von *Cryptosphaerella Nitschkei* (Auersw.) mit *Coronophora annexa*. Trotzdem war ich nicht wenig überrascht, als ich bei der Untersuchung des von G. Winter an Zweigen von *Salix Capraea* bei Leipzig 1870 gesammelten, mir von Herrn Prof. P. Hennings in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellten Exemplares von *Cryptosphaerella Nitschkei* (Auersw.), das vollkommen mit Nitschke's Diagnose stimmt und so gut wie ein Originalexemplar ist, da Winter mit Nitschke in Verbindung stand, fand, daß dieser Pilz **vollkommen spezifisch gleich** der *Coronophora annexa* ist! Der Unterschied, daß bei letzterer Form die Perithecien in valsoiden Gruppen stehen, während sie bei *Cryptosphaerella Nitschkei* isoliert und zerstreut stehen, ist ohne Wert, denn die Perithecien der beiden Arten sind mikroskopisch völlig gleich und je nachdem, ob sich der Pilz mehr oder weniger üppig entwickelt, entsteht die eine oder die andere Form. Das Vorkommen oder Fehlen eines Stromas, die Anordnung der Perithecien, der Umstand, ob sie sich im Holze oder in der Rinde entwickeln, sind sekundäre Eigenschaften, denen durchaus nicht immer ein systematischer Wert zukommt. Ein richtiges Pyrenomycetensystem kann nur auf Basis der genauen Kenntnis des inneren Baues der Perithecien geschaffen werden, die heute noch ungenügend ist, wie der dargelegte Fall zeigt, wie auch meine Konstatierungen, betreffend *Crotonocarpia, Diaporthe syngenesia, nigricolor* und *Berlesiana* u. s. w. beweisen.

Winter's und seiner Nachfolger Pyrenomycetensystem ist ganz unnatürlich; es ist kein Zweifel, daß z. B. *Rosellinia* mit *Hypoxylon* und *Xylaria* viel näher wirklich, d. i. phylogenetisch, verwandt ist als mit den anderen »Melanommeen«. *Crotonocarpia moriformis* und *Cucurbitaria Berberidis* stehen bei Winter in zwei ganz verschiedenen Familien und sind dabei identisch. *Diaporthe nigricolor* und *D. syngenesia* stehen bei Nitschke, Winter, Saccardo in zwei scheinbar ganz

Digitized by Google

voneinander verschiedenen Subgenera von *Diaporthe* und sind dabei derselbe Pilz! Gibt es schlagendere Beweise dafür, daß Nitschke auf die äußeren Verhältnisse der Pilze (Fehlen oder Vorkommen des Stromas, gegenseitige Lagerung der Perithecien, Bildung derselben in Holz oder Rinde) ein viel zu großes Gewicht gelegt hat?

Nur die genaue Untersuchung des inneren Baues der Perithecien kann hier Wandel schaffen. Selbstverständlich kann ein reines »Sporensystem« wie Saccardo's auch nicht genügen, aber gewiß ist es, daß es doch richtiger ist als ein zum größten Teile auf die äußeren Merkmale gegründetes, das mich an die Einteilung der Pflanzen in Bäume, Sträucher und Kräuter erinnert.

Aus dem oben Gesagten geht hervor, daß *Cryptosphaerella* Sacc., Syll., I, 186 (1882), auf die Art *Nitschkei* (Auersw.) gegründet, ein ganz eigenartiger Pilz ist. Es ist zweifelhaft, ob die paar anderen in diese Gattung gestellten Arten (Sylloge, IX, 470) zu ihr gehören. Da der Name *annexa* (1867) älter als *Nitschkei* (1870) ist, hat er den Vorrang. In der folgenden Charakteristik der Gattung sind die inneren Merkmale, wie dies immer sein sollte, vorangestellt. Nach dem Auseinandergesetzten sind die Figuren, die sich bei Berlese (Icones, III) auf diese Gattung beziehen, falsch. Insbesondere fehlt die Mündungsöffnung der Perithecien.

Cryptosphaerella Saccardo, Sylloge, 1882, Bd. I, p. 186, Charakter emendiert, v. Höhn.

Perithecien lederartig-fleischig, ohne Ostiolum, Peritheciemembran zweischichtig, äußere Schicht braunzellig; innere hyalinzellig, bei der Quellung sich unter Zerreißung der äußeren plötzlich kontrahierend und den gesamten Nucleus hinausschleudernd, mit vorgebildeter Öffnung. Asci dicht stehend, ohne Paraphysen, radial zu einer Kugel angeordnet, spindelförmig-keulig, langgestielt, viel(32?)sporig; Sporen hyalin, allantoid. Perithecien zerstreut oder valsoid gehäuft, eingewachsen, ohne Stroma.

Digitized by Google

Cryptosphaerella annexa (Nitschke) v. Höhn.

Synonymie: *Calosphaeria biformis* Tul., Sel. Fung. Carp., II, p. 111, pro parte.
Valsa Nitschkei (Auersw.) Nitschke, Pyren. germ., 163.
Cryptovalsa Nitschkei Auersw. in literis ad Nitschke.
Sphaeria Nitschkei Auersw. in literis.
Cryptosphaerella Nitschkei (Auersw.) Sacc., Syll., I, 186.

Exsikkaten: Rehm, Ascomyc. exsic., Nr. 1512 als *Coronophora Nitschkei* Sacc., Nr. 1180 sub *Coronophora annexa* N., ebenso Krieger, F. Sax., Nr. 968.

Kommt auf dünnen Zweigen von *Salix*, *Alnus* und *Quercus* vor.

75. Botryosphaeria Molluginis n. sp.

Stromata zerstreut, hervorbrechend, rundlich oder länglich, scheibenförmig, ziemlich scharf berandet, von der eingerissenen Epidermis begrenzt, schwarz, weichkohlig, flach, außen glatt und schwach glänzend oder matt, manchmal etwas konkav mit aufgebogenen Rändern, $^1/_2$ bis 1 *mm* lang und $^1/_3$ bis $^1/_2$ *mm* breit, zirka 260 μ dick, aus dünnwandigen, polyedrischen, bis 25 μ breiten Zellen aufgebaut. Loculi sehr zahlreich (50 bis 60 und mehr), einschichtig, eiförmig bis länglich, zirka 100 μ hoch und 50 bis 80 μ breit, im Querschnitt rundlich-polygonal, meist nur durch ein bis drei Zellschichten voneinander getrennt. Paraphysen relativ spärlich, fädig, Asci zahlreich, keulig, nicht gestielt, zirka 60 bis 80 = 8 bis 10 μ, meist weniger als 8sporig. Sporen hyalin, elliptisch bis fast spindelförmig, mit stumpflichen Enden, ohne Öltröpfchen und mit ganz homogenem Inhalte, 14 bis 18 = 5 bis 7 μ.

An dürren Stengeln von *Galium Mollugo* im Weingebirge von St. Georgen im Preßburger Komitat, leg. Dr. A. Zahlbruckner, September 1905.

Digitized by Google

Ist am nächsten offenbar mit der nordamerikanischen *B. Hypericorum* Cooke (Grevillea, XIII, p. 102), die aber ungenügend beschrieben ist, verwandt. Der Pilz ist, wie mehrere andere *Botryosphaeria*-Arten eigentlich eine Dothideacee, ohne scharf begrenzte Perithecien. Indessen kann er weder als *Phyllachora* noch als *Mazzantia* aufgefaßt werden und steht am besten in der Gattung *Botryosphaeria*. Die noch unvollständig bekannte *Excipula (Ephelina) Galii* (Lasch) ist nach Fuckel's Exemplar ein ganz anderer Pilz.

76. Über die systematische Stellung der Gattung Dothiora Fr.

Die Stellung der Gattung im System war von jeher eine sehr schwankende. Während Persoon *Dothiora sphaeroides* als *Sclerotium* beschrieb, stellte Fries *Dothiora mutila* zu *Sphaeria* und *Dothiora sphaeroides* zu *Dothidea*. Berkeley stellt die Gattung nach *Sphaeropsis* zu den Sphäropsideen. Fuckel bringt sie zu den Cenangieen. Nachdem schon Fries eine Verwandtschaft von *Dothiora* mit *Rhytisma* und *Phacidium* vermutete, stellte sie Rehm direkt zu den Pseudphacidieen, ein Vorgang, dem sich auch Lindau und Saccardo angeschlossen haben. Tulasne stellt hingegen den Pilz zu *Dothidea*.

Diese Sachlage veranlaßte mich, das sehr gute Exemplar von *Dothiora Sorbi* (Wahlbg.) Fuck. aus Krieger, Fungi Sax., Nr. 970, näher zu studieren, indem ich Quer-, Längs- sowie Flächenschnitte untersuchte.

Obwohl ich schon aus der hübschen Abbildung von *Dothiora sphaeroides* von Rehm (Hyst. und Discom., p. 93) den Schluß gezogen hatte, daß *Dothiora* eine Dothideacee sein dürfte, war ich doch überrascht, in der *Dothiora Sorbi* eine so ausgesprochene Dothideacee zu finden, daß jeder Zweifel hierüber ausgeschlossen war. Die Gründe, die verschiedene Autoren veranlaßten, *Dothiora* zu den Discomyceten zu stellen, liegen offenbar in der parallelen Lage der Asci und in dem Mangel der Ostiola. Wenn aber die Loculi größer sind, erhalten sie eine flache Basis und stehen dann die Asci parallel. Dies ist z. B. sehr schön an Längsschnitten von *Monographus Aspidiorum* zu sehen, welche Art überhaupt sich, von

Digitized by Google

den Sporen abgesehen, von *Dothiora* generisch gar nicht trennen läßt. Sie hat genau den Bau des Stromas von *Dothiora*, große, oft miteinander verschmelzende Loculi, die keine Spur einer besonderen Abgrenzung zeigen, ganz so wie *Dothiora*, nur daß das Parenchymgewebe der Stromata weniger entwickelt ist.

Was die Ostiola anlangt, so sind sie bei vielen Dothideaceen überhaupt nicht oder undeutlich entwickelt, wenigstens der Anlage nach fehlen sie häufig. Erst bei der völligen Reife scheinen sie durch Zerfall oder Obliterierung gewisser Gewebepartien in unregelmäßiger Weise zu stande zu kommen. Bei *Monographus* sind sie höchst undeutlich, bei *Scirrhia rimosa* konnte ich überhaupt keine finden. Hier wird offenbar zur Zeit der völligen Reife das kohlige Gewebe über den Loculi so wie bei *Dothiora* morsch und zerstört. Auch bei *Dothiora Sorbi* findet man, wenigstens in den größeren Stromata stets mehrere Loculi, die man oft scharf getrennt, oft aber auch mehr weniger verschmolzen antrifft; genau so verhält sich *Monographus*.

Wenn man Langschnitte durch *Dothiora* mit solchen von *Monographus* und *Scirrhia* vergleicht, sieht man ohneweiters, daß die erstgenannte Gattung sogar äußerst nahe mit den beiden anderen verwandt ist.

Wenn es überhaupt noch eines Beweises für die Dothideaceen-Natur von *Dothiora* bedürfte, so läge er in der übereinstimmenden, dickkeulig-zylindrischen Form der ungestielten Asci und in dem Mangel der Paraphysen. Abgesehen von *Phyllachora*, welche sich schon sehr den Sphäriaceen nähert und vielleicht sogar besser als solche betrachtet wird, fehlen bei den meisten (vielleicht allen) echten Dothideaceen die Paraphysen, ganz so wie bei *Dothiora*.

Aus dem Gesagten geht mit aller Evidenz hervor, daß *Dothiora* von den neueren Autoren völlig verkannt wurde und eine echte, mit *Scirrhia* und *Monographus* ganz nahe verwandte Dothideacee ist.

77. Über Xyloma confluens Schweinitz.

Dieser von Schweinitz in Synops. Fung. Carolin. (in Schriften der Naturforschenden Gesellsch., Leipzig, I, 1822,

Digitized by Google

p. 51) beschriebene Pilz ist von Fries (Systema mycol., II, p. 570) zu *Rhytisma* gestellt worden.

Er ist von Fuckel im Rheingau an *Eupatorium*-Stengeln gefunden worden und in den Fung. rhen., Nr. 1086, ausgegeben. Da ich keinen Grund habe, daran zu zweifeln, nehme ich an, daß Fuckel's Pilz wirklich der von Schweinitz gemeinte ist.

Dieser Pilz ist seither zweimal unter anderen Namen neu beschrieben worden:

1. als *Leptostroma Eupatorii* Allesch. (Ber. der Bayr. bot. Gesellsch., IV, 1896, 36; ausgegeben in der Mycotheca italica Nr. 1163, und Kabát et Bubák, Fungi imperfecti exsic., Nr. 75). Beide diese Exemplare stimmen mit Fuckel's Pilz und Allescher's Diagnose überein;

2. als *Dothichiza* (?) *Eupatorii* C. Mass. (Contr. Micol. Veron., p. 99, Taf. III, Fig. 18). Die Beschreibung stimmt vollständig zu Fuckel's Pilz.

Ich fand denselben Pilz auch in Niederösterreich vollkommen mit den zitierten Exsikkaten übereinstimmend.

Die genauere Untersuchung der mir vorgelegenen vier verschiedenen Exemplare zeigte mir, daß die bisherige Einreihung des Pilzes im Systeme eine völlig falsche ist und daß derselbe offenbar ein ganz eigentümlicher Ascomycet ist, dessen Asci sehr rasch zerfließen. Nur an ganz dünnen Querschnitten kann man sich davon überzeugen.

Der Pilz besteht aus kleinen, einige Hundert μ großen rundlichen oder länglichen, oft zu zwei bis drei zusammenfließenden, schwarzen, glänzenden, etwa 40 bis 50 μ dicken, flach-schildförmigen Fruchtkörpern, die ringsum von einer umbrabraunen, aus nur einer Lage kleiner Parenchymzellen bestehenden, überall ganz gleich beschaffenen und keine Spur eines Ostiolums aufweisenden Membran umhüllt sind. Er entsteht in den Epidermiszellen des Substrates und wird von der Cuticula bedeckt. Zuletzt reißt er oben zur Sporenentleerung unregelmäßig auf. Der Fruchtboden ist völlig eben und mit ganz dichtstehenden, palisadenartig angeordneten, etwa 12 μ langen und 2 bis 3 μ dicken, zylindrischen, mit zwei bis vier Querwänden versehenen hyalinen Fäden bedeckt, die ebenso dicht, parallel, paraphysenlos angeordnete, zylindrische,

Digitized by Google

bis zur Decke reichende, etwa 25 μ lange, 2 bis 3 μ breite, sehr rasch verschleimende Asci tragen, in welchen, wie es scheint, acht stäbchenförmige, gerade, an den Enden stumpfe, hyaline, meist 4 bis 5 μ lange, 1 bis $1^1/_2$ μ breite, schief sich deckende, ein bis zweireihig angeordnete Sporen enthalten sind.

An ganz dünnnen Querschnitten sieht man die in einfachen oder Doppelreihen stehenden Sporen, welche Reihen durch hyaline Zwischensubstanz voneinander getrennt sind. Es scheint mir unmöglich zu sein, diese Anordnung der Sporen anders als durch das Vorhandensein von dichtstehenden, palisadenartig angeordneten zylindrischen Asci zu erklären, die man wegen ihrer zarten Beschaffenheit und raschen Verschleimung allerdings im isolierten Zustande nicht zu sehen bekommt.

Einen ganz ähnlich gebauten Pilz fand ich 1903 auf Eicheln bei Zelenika (Bocche) in Dalmatien. Schon damals sah ich, daß wahrscheinlich ein Ascomycet vorliegen müsse, die Exemplare waren aber zu alt zur Erzielung eines sicheren Schlusses.

Es wäre allerdings auch denkbar, daß die als Asci aufgefaßten verschleimten Gebilde von den sporenbildenden Hyphen irgendwie erzeugte Röhren sind, in welchen die nacheinander gebildeten Sporen hineingeschoben werden.

Ich konnte bei der Kleinheit des Objektes trotz vieler untersuchter Querschnitte hierüber nicht ganz ins klare kommen. Wie dem auch sei, ob der Pilz wirklich ein Ascomycet oder, was mir weniger wahrscheinlich ist, eine eigentümliche Leptostromacee ist, so viel ist sicher, daß es weder eine *Rhytisma*, noch *Leptostroma* oder *Dothichiza* ist, sondern eine neue Gattung, die, wenn man sie zu den Ascomyceten rechnet, eine Mittelstellung zwischen den Microthyriaceen und den Dothideaceen (doch von beiden stark abweichend) einzunehmen scheint. Dothideaceen mit parallelen Asci gibt es *(Monographus)* und solche mit nur einem Loculus auch *(Dothiora)*; ist nun das Stroma sehr schwach entwickelt, so wird es schließlich zu einem dünnen Scheinperithecium, so wie bei dem in Rede stehenden Pilze, der mir daher eine eigentümliche Dothideacee zu sein scheint.

Ich nenne sie *Myxodiscus*.

Digitized by Google

Myxodiscus n. g. (Dothideaceae?).

Stroma perithecienartig, flach schildförmig, subcuticulär (scheinbar oberflächlich), mit einem einzigen Loculus, manchmal zu zwei bis mehreren zusammenfließend. Fruchtboden palisadenartig aufgebaut, paraphysenlose, zylindrische, rasch verschleimende, dicht stehende, parallele Asci, die (stets?) acht stäbchenförmige, hyaline Sporen enthalten. Rindenschicht des Stroma aus einer Lage brauner Zellen bestehend, oben schließlich unregelmäßig aufreißend.

Myxodiscus confluens (Schweinitz) v. Höhn.

Synonymie: *Xyloma confluens* Schweinitz, Syn. Fung. Carol., 1822.
Rhythisma confluens Fries, Syst. mycol., II, 570, 1823.
Dothichiza (?) *Eupatorii* C. Mass., 1899, l. c.
Leptostroma Eupatorii Allesch., 1896, l. c.

78. Über Gnomonia amoena (Nees) f. carpinea.

Diese Form auf den Stielen morscher Blätter von *Carpinus Betulus*, welche schon von Auerswald beobachtet und von ihm zwar als *Gn. amoena* betrachtet, jedoch möglicherweise als besondere Art hingestellt wurde, fand ich im Kiental am Anninger im Wienerwald im Mai in schönster Reife. Sie ist von der gewöhnlichen Form auf *Corylus*-Blattstielen durch schmälere und längere Sporen (18 bis 22 = 2 bis $2^1/_2$ μ), die 2- bis 4-, selten 6zellig sind, verschieden. Die (paraphysenlosen) Asci sind samt dem zarten Stiel 62 bis 76 μ lang und 9 bis $9^1/_2$ μ breit. Die Ascusstiele, die sehr feinspitzig auslaufen, sind 20 bis 30 μ lang.

Gnomonia amoena ist durch die weiße, scharf berandete Scheibe sehr auffallend und erinnert, von dem zarten, meist abgebrochenen Schnabel abgesehen, sehr an gewisse Stictideen oder Ostropeen. Die Perithecienwandung ist zirka 30 bis 40 μ dick, großzellig parenchymatisch und lederartig-fleischig, daher der Pilz leicht für eine Ostropee gehalten werden kann. Jedenfalls nimmt er unter den Gnomonieen eine isolierte Stellung ein.

Digitized by Google

79. Über Nectria oropensis Cesati.

Cesati beschrieb in der Botan. Zeitung 1857, p. 406, diese Art und gab sie in Klotzschii, Herb. vivum mycol., Edit. nova, Cent. V, Nr. 524, und im Erbar. Crittogam. Ital., Nr. 540, aus. Die Untersuchung des letzteren Originalexemplares zeigte mir, daß der Pilz zwar eine Hypocreacee, aber keine *Nectria* ist, sondern den Typus einer neuen Gattung darstellt, die zu den Hypomycetaceen zu stellen ist.

Der Pilz schmarotzt auf dem Thallus einer unbestimmbaren *Biatora (decolorans?)* und besitzt ein spinnfädiges, weißes Subiculum (Stroma), wodurch er sich als Hypomycetacee verrät; die Perithecien sind ei- bis birnförmig, 260 bis 350 μ hoch und 200 bis 290 μ breit und stehen einzeln oder zu zwei

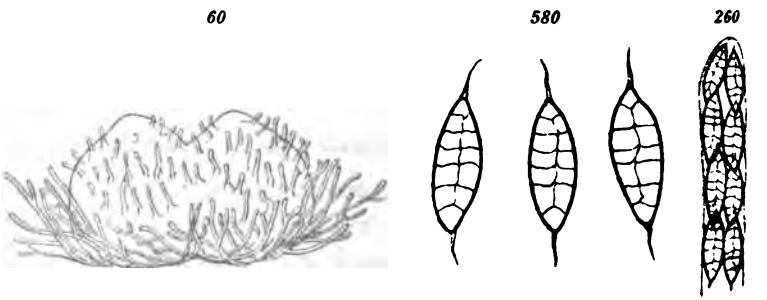


Fig. 2. *Ciliomyces oropensis* (Ces.) v. Höhn. (*Nectria oropensis* Ces.). 2 Perithecien (60/1), 3 Sporen (580/1) und 1 Ascus (260/1) des Pilzes. Gezeichnet von V. Litschauer in Wien).

bis mehreren genähert oder selbst verwachsen und stets oberflächlich und nur mit der Basis schwach eingesenkt. Frisch sind sie nach Cesati rosa oder fleischrot. Nach 45jähriger Aufbewahrung waren sie schmutziggelblich. Sie sind weichfleischig, an der Basis mit längeren, nach obenhin etwa 20 bis 40 μ langen, 3 bis 4 μ breiten, hyalinen, septierten, dünnwandigen, stumpfen Haaren, filzig-dichtbedeckt, am Ostiolum fast kahl. Paraphysen bald verschleimend, Asci dick und stumpfkeulig, etwa 120 = 20 μ. Sporen zu acht, zweireihig, hyalin, breit spindelförmig, beidendig scharf zugespitzt und in je eine zirka 8 μ lange Cilie verlängert, zarthäutig, 28 bis 36 =

Digitized by Google

9 bis 11 μ, mit meist sechs bis sieben Querwänden und einer Längswand.

Aus dieser Beschreibung geht hervor, daß der Pilz durch sein fädiges Stroma und sein Schmarotzen auf einem Flechtenpilze sich der Gattung *Hypomyces* nähert, wo die Sporen auch meist spindelförmig und häufig beidendig scharf zugespitzt sind, während der Umstand, daß die Sporen mit einer Längswand versehen, also dyctiospor sind, eine gewisse Verwandtschaft mit *Pleonectria* verrät, von welcher Gattung er sich durch die Sporenform, das fädige Stroma und die Cilien der Sporen unterscheidet.

Es stellt daher *Nectria oropensis* Ces, eine neue Hypomycetengattung dar, die *Ciliomyces* genannt werden soll.

Es ist kaum zweifelhaft, daß *Pleonectria lichenicola* (Crouan) Sacc., Michel., I, 325, in dieselbe Gattung gehört und wahrscheinlich sogar mit *Nectria oropensis* Ces. identisch ist.

Es ist dies um so sicherer, als V. Mouton (Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique, 1897, 36. Bd., II. Teil, p. 15) die *Nectria lichenicola* Crouan bei Beaufays in Belgien wiedergefunden hat und seine Beschreibung und Abbildung (l. c. Taf. *A*, Fig. 9) mit den von mir bei *N. oropensis* Cesati konstatierten Befunden bis auf unwesentliche Abweichungen vollkommen übereinstimmen. Mouton gibt die Asci mit 100 = 25 μ, die Sporen mit 4 bis 6 Querwänden und 25 bis 40 = 10 bis 13 μ, die Cilien der Sporen mit 4 bis 7 μ Länge an.

Ciliomyces n. g.

Perithecien weichfleischig, hell gefärbt, oberflächlich, mit fädigem Subiculum (Stroma), nicht geschnäbelt, kahl oder haarig-filzig. Asci keulig, achtsporig; Sporen hyalin oder blaß, spindelförmig, beidendig zugespitzt und mit je einer Cilie versehen dyctiospor. Pilz- oder Flechtenschmarotzer.

Ciliomyces oropensis (Cesati) v. Höhn.

Synonymie: *Nectria lichenicola* (Crouan), Fl. finist., p. 256.
Pleonectria lichenicola (Crouan) Sacc. Michelia, I, p. 325.

Digitized by Google

Die beigegebenen Figuren sind von Herrn Assistenten Viktor Litschauer nach meinen Präparaten gezeichnet.

80. Über Sphaeropsis guttifera Otth.

An im Juni 1905 in Schönbrunn bei Wien gesammelten Lindenzweigen fand ich eine sehr charakteristische und schöne *Macrophoma*, die, auf normalem Wege bestimmt, eine mit *Macrophoma Scheidweileri* (West.) verwandte, doch sicher verschiedene neue Art dargestellt hätte. Da jedoch Saccardo bei *Sphaeropsis guttifera* (Otth) angibt, daß der Perithecienucleus grau ist, so schloß ich, daß die Sporen hyalin sein müssen, da gefärbte Sporen einen schwarzen oder dunkelbraunen Nucleus bilden. Da überdies die weitere Beschreibung vortrefflich stimmte, erachtete ich den gefundenen Pilz für die Otth'sche Art, die also eine *Macrophoma* sein mußte.

Nachdem nun Herr Prof. Dr. Eduard Fischer in Bern die große Freundlichkeit hatte, mir das Otth'sche Originalexemplar zur Untersuchung zu senden, konnte ich mich davon überzeugen, daß ich richtig geschlossen hatte. *Sphaeropsis guttifera* Otth hat daher *Macrophoma guttifera* (Otth) v. Höhn. zu heißen. Da sowohl an meinem Exemplare wie am Otth'schen der Pilz zwischen der *Rabenhorstia Tiliae* auftritt, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß der in Rede stehende Pilz eine seltene Nebenfruchtform der *Hercospora Tiliae* darstellt. Nebenher sei bemerkt, daß an Otth's Exemplare auch die *Massaria heterospora* Otth zu finden war, die, wie ich sah, der *M. Platani* äußerst nahe steht und vielleicht nur eine Form dieser ist.

Da Otth's Beschreibung der *Macrophoma guttifera* (Otth) v. Höhn. unvollständig ist, so gebe ich nachfolgende Diagnose. Pycniden kugelig, zirka 800 μ breit, schwarz, derbwandig, außen von kurzen Hyphen rauh, sehr zerstreut und vereinzelt, das Periderm nicht auftreibend, tief im Rindenparenchym eingesenkt, mit weißem, später grauem oder bläulichgrauem Kerne. Sporen kugelig oder elliptisch, doch meist eiförmig, ganz hyalin, mit dicker Membran und einem großen Öltropfen, der oft die ganze einzellige 18 bis 20 = 12 bis 15 μ große Spore erfüllt. Sporenträger teils ganz kurz, teils verschieden, bis 150 μ lang und 1·5 bis 2 μ breit, einfach, hyalin.

Digitized by Google

Nachträglich fand ich, daß Otth selbst in der Originaldiagnose (Mitteilungen der Naturf. Gesellsch. in Bern, 1868 [1869], p. 60) die Sporen als hyalin bezeichnet, was in der Sylloge, XI, p. 512, wo der Pilz als *Sphaeropsis* angeführt ist, nicht gesagt wird. Otth betrachtet den Pilz als zu *Massaria Fuckelii* Nitschke gehörig.

81. Zythia muscicola v. Höhn. n. sp.

Pycniden kugelig, zerstreut oder zu zwei bis mehreren genähert oder verwachsen, 80 bis 200 μ groß, dünnhäutig, schmutzig dunkelviolett, meist eingesenkt und mit der flachen geschwärzten Mündungspapille die Oberhaut durchbrechend, kahl, von zarten, hyalinen oder sehr blaßvioletten Hyphen umgeben, mit deutlichem, zirka 10 bis 12 μ breitem Ostiolum. Sporen in farblosen Ranken austretend, hyalin, meist kurzstäbchenförmig, 4 bis $5 = 1 \cdot 5$ μ.

An dürren Kapseln von *Orthotrichum fastigiatum*, bei Allentsteig im niederösterreichischen Waldviertel, leg. Prof. Dr. V. Schiffner (Juli 1905).

Auf den Kapseln sind die Pycniden unter die Oberhaut eingesenkt, doch treten sie auch frei zwischen Kapsel und Haube auf und zeigen dann deutlich die sie umgebenden zarten Hyphen. Mann könnte diese Form auch als *Phoma* betrachten, doch sind die Pycniden deutlich violett gefärbt und wird sie daher wohl besser als *Zythia* bezeichnet.

82. Über die Pycniden von Tympanis conspersa (Fr.).

Ich zweifle nicht, daß die Pycniden von *Tympanis conspersa*, die von Rehm, Karsten und Schröter sowie Phillips erwähnt werden und in die Formgattung *Dothiorella* gehören, unter verschiedenen Namen beschrieben wurden und daß *Dothiorella stromatica* (Preuss) auf *Prunus Cerasus* und die drei auf *Sorbus Aucuparia* beschriebenen *D. sorbina* Karsten, *D. multiplex* (Preuss) und *D. caespitosa* (Preuss) alle denselben Pilz darstellen, da wesentliche Unterschiede in den Diagnosen nicht zu finden sind. Sie sind offenbar alle derselbe häufige Conidienpilz der *Tympanis conspersa*.

Digitized by Google

Nach Fuckel hat diese Art aber noch eine zweite *Dothiorella*-Form als Conidienpilz mit $4 = 2\,\mu$ großen Sporen, die eiförmig sein sollen, während die anderen Formen stäbchenförmige Sporen auf ästigen Trägern bilden. Diese Form ist ohne Zweifel identisch mit *Cytosporella conspersa* Richon, welche von Saccardo (Syll., X, 242) als Pycnidenform von *Tympanis conspersa* angeführt wird. Ist wahrscheinlich nur eine Form der obigen Dothiorellen.

83. Über Sphaeria inversa Fr.

Dieser in Kunze und Schmidt, Mykol. Hefte, II, p. 36, kurz, aber ganz kenntlich beschriebene Pilz gehört, wie Phillips (Man. brit. disc., p. 355) bemerkt, als Nebenfruchtform zu *Tympanis Alnea* (P.). Derselbe bricht in kleinen Räschen, die aus drei bis mehreren, doch niemals sehr zahlreichen, glatten, rundlich eiförmigen, oben etwas genabelten, schwarzen, derbwandigen, aber feucht weichen Pycniden bestehen, aus der Zweigrinde von *Alnus*-Arten hervor. Die Sporen sind hyalin, gerade stäbchenförmig, 2 bis $4 = 1\,\mu$ groß und sitzen an 30 bis $50\,\mu$ langen, gebüschelt verzweigten dünnen hyalinen Sporenträgern. Manchmal bestehen die Räschen nur aus Pycniden, öfter sitzen auch Apothecien dazwischen.

Unter den Sphäropsideen findet man diese charakteristische und sicher bestimmbare Form nicht aufgeführt. Sie reiht sich am besten in die Formgattung *Dothiorella* ein und muß nun *Dothiorella inversa* (Fr.) v. Höhn. heißen.

84. Synonymie der Septoria Heraclei Desm.

Nach P. Magnus (Hedwigia, 1900, p. 113) sind *Septoria Heraclei* (Lib.) Desm., *Cylindrosporium Heraclei* Ell. und Ev. und wie *C. hamatum* Bresad. wahrscheinlich oder vielleicht derselbe Pilz. Krieger (Fungi Sax., Nr. 1597) betrachtet die beiden erstgenannten Namen als synonym.

Nachdem Desmazière (in Pl. crypt. du Nord de la France, 1831, Nr. 534) ausdrücklich angibt, daß die Sporen von *Septoria Heraclei* Desm. 6 bis 8 sehr deutliche Querwände besitzen, Saccardo bei demselben Pilze von Perithecien und vier Querwänden spricht, Voss (Mycol. carniolica, p. 247) ebenfalls vier

Digitized by Google

Septen sah, während die beiden genannten *Cylindrosporium*-Arten fast stets nur eine (selten zwei) Septe in den Sporen zeigen und kein Gehäuse besitzen, kann nur die Untersuchung der Originalexemplare die nötige Entscheidung bringen.

Ich untersuchte daher

1. *Septoria Heraclei* Desm. in Pl. crypt. du Nord de la France, Nr. 534;

2. *Septoria Heraclei* (Lib., Exs., 52) in Fungi gallici, Nr. 1626, Reliquiae Libertianae. Exemplar gesammelt von M. Libert bei Malmedy;

3. *Cylindrosporium Heraclei* Ell. und Ev., Fungi Columbiani, Nr. 784. On *Heracleum lanatum* (= N. A. F., Nr. 3181);

4. *Cylindrosporium hamatum* Bresad., auf Blättern von *Heracleum austriacum* bei Maria-Zell an der niederösterreichischen Grenze 1898 von mir gefunden und vollkommen mit der Beschreibung Bresadola's (Voss, Mycol. carniolica, p. 256) übereinstimmend.

Die Untersuchung ergab, daß diese vier Pilze miteinander vollkommen identisch sind. Die Sporen sind bei allen stark gekrümmt, zwei-, selten dreizellig, 40 bis 60 = 3 bis 5 μ. Gehäuse fehlend. Der richtige Name desselben lautet: *Cylindrosporium Heraclei* (Lib.) v. Höhn.

85. Agyriellopsis difformis n. sp.

Pycniden schwarz, matt, rundlich warzenförmig oder länglich, oberflächlich (aposphärienähnlich), ohne Mündung, schließlich oben unregelmäßig zerfallend, 100 bis 300 μ lang, zirka 150 μ hoch; Wandung etwa 10 μ dick, nach innen nicht scharf abgegrenzt, sehr kleinzellig parenchymatisch. Innen etwa 6 bis 8 vertikale, kürzere oder längere, zum Teile die Decke erreichende, aus einigen braunen, kurzgliederig septierten, 4 bis 5 μ breiten Hyphen bestehende, einfache oder wenig verzweigte Fädenbündel, welche, wie auch die Pycnidenwandung, mit meist hyalinen oder sehr blaß bräunlich gefärbten, büschelig verzweigten, etwa 8 bis 12 μ langen, sehr dünnen, spitzen, sporentragenden Hyphen dicht besetzt sind. Sporen sehr zahlreich, hyalin, einzellig, 2 bis 3 μ lang und 1 μ breit.

Digitized by Google

An nacktem, trockenem Astholz von *Tilia*, Hinterhallbach (Reisalpe) in Niederösterreich, Juni 1905.

Der Pilz ist ganz so gebaut wie *Agyriellopsis coeruleo-atra* v. Höhn. (Ann. mycol., 1903, p. 403), davon aber spezifisch völlig verschieden. Ich halte es nicht für unwahrscheinlich, daß der als *Aposphaeria difformis* Sacc. beschriebene Pilz, den ich leider nicht vergleichen konnte, damit identisch ist.

86. Über Sphaeropsis scutellata Otth.

An dünnen Weidenzweigen fand ich, zwischen *Ocellaria aurea* Tul. sitzend, ein *Myxosporium*, das in dieser Formgattung nicht beschrieben erscheint und von dem ich gleich vermutete, daß es als Nebenfruchtform zur *Ocellaria* gehören müsse. In der Tat ist sie von Tulasne (Sel. Fung. carp., III., p. 129, Taf. XVIII) als zur *Ocellaria aurea* gehörig genau beschrieben und abgebildet worden.

Es ist nun keinem Zweifel unterworfen, daß der von Otth (Bern. Mitt., 1868, p. 60) als *Sphaeropsis scutellata* beschriebene, in den Sylloge (XI., p. 496) als *Macrophoma* aufgeführte Pilz nichts anderes als dieses *Myxosporium* ist, das nun *M. scutellatum* (Otth) v. Höhn. zu heißen hat.

87. Über die Spermatien- und Stylosporen-Nebenfruchtformen bei Diaporthe.

Nitschke (Pyren. germ., p. 242 [1870]) machte wohl zuerst auf das häufige Vorkommen von spermatien- und stylosporenführenden Nebenfruchtformen bei *Diaporthe*-Arten aufmerksam. Er glaubt sogar annehmen zu sollen, daß weitere Untersuchungen dieselben als für die Gattung *Diaporthe* überhaupt oder doch die meisten Gruppen derselben als charakteristisch erweisen werden. Er macht hiebei auf die Tatsache aufmerksam, daß bei *Euvalsa* und *Leucostoma* nur die Spermatienform (*Cytospora*-Form) vorkommt; *Eutypa*, *Eutypella* und *Cryptosphaeria* weisen nur die Stylosporenform mit fädigen Sporen auf (*Cytosporina*), während merkwürdigerweise das Auftreten beider Sporenformen, und zwar oft sogar in demselben Behälter zusammen bei *Diaporthe* charakteristisch ist.

Digitized by Google

Diese Behälter der *Diaporthe*-Arten sind leicht kenntlich. Es sind Hohlräume im jungen Stroma, die vor der Entwicklung der Perithecien entstehen und keine eigene Wandung besitzen, können daher nur als Melanconieen betrachtet werden. Dieselben enthalten entweder nur sogenannte Spermatien (von Tulasne entgegen Nitschke Stylosporen genannt), welche länglich und beidendig spitz sind und meist zwei Öltröpfchen führen, oder führen sehr charakteristische Stylosporen (von Tulasne als Spermatien bezeichnet) von fädiger Gestalt, meist zirka 20 bis 30 μ lang und oft hakenförmig an einem Ende eingekrümmt, oder aber sehr häufig beide Formen gemischt. In letzterem Falle sieht man zwischen beiden Sporenformen alle Übergänge.

Die Form der Hohlräume, die innen dicht mit relativ langen, einfachen Sporenträgern ausgekleidet sind, ist höchst verschieden. Bald rundlich, bald mehr weniger flach (dann aber in der Mitte dicker und am Rande dünn auslaufend) oder häufig kappenförmig. Der von der Hohlkappe umschlossene Raum wird im letzteren Falle von einem kurzzylindrischen Stromapolster ausgefüllt, unter welchem später die Perithecien sich entwickeln können.

Diese sporenführenden Hohlräume sehen daher je nach ihrer Form und je nachdem sie nur Spermatien oder Stylosporen oder beide enthalten, sehr verschieden aus, wurden daher von verschiedenen Autoren in verschiedenen Formgattungen beschrieben. Man findet sie in den Formgenera *Phoma* (Saccardo), *Libertella* (Fuckel), *Rhytisma* (Tulasne), *Myxosporium* (Saccardo), *Fusicoccum* (Saccardo), *Myxolibertella* (v. Höhnel). Alle diese so verschieden beurteilten Formen gehören aber zusammen. Sie können voneinander nicht getrennt werden und gehören, so verschieden sie auch scheinbar sind, in eine und dieselbe Formgattung, die zu den Melanconieen zu rechnen ist.

Ich habe hiefür die Formgattung *Myxolibertella* aufgestellt.

Später kam ich aber darauf, daß zu *Myxolibertella* offenbar jene *Phoma*-Arten Saccardo's gehören, von welchen Saccardo sagt: »Adsunt enim species, aptius separandae, perithecio

Digitized by Google

subastomo depresso, basidiis demum uncinatis instructae (Phomopsis), spermogonia Diaporthes sistentes« (Syll., III., 66).

Saccardo sah auch bei mehreren dieser *Phoma*-Arten, von denen er also meint, daß sie vielleicht besser als eigene Gattung *Phomopsis* abgetrennt würden, neben den Spermatien die Stylosporen, er hielt aber merkwürdigerweise letztere (die schon von Tulasne, Nitschke und Fuckel richtig gedeutet waren) als abgelöste Basidien (Ann. mycol., 1904, p. 12), eine falsche Ansicht, die ich (Ann. mycol., 1904, p. 247) entschieden zurückgewiesen habe.

Obwohl Saccardo *Phomopsis* als Gattung nicht aufgestellt und das Wesen von *Phomopsis* nicht richtig erkannt hat, da er sie für eine abweichende Form von *Phoma* hielt, nach den Nomenklaturregeln also ein Zwang, sie anzunehmen, nicht vorliegt, betrachte ich meine später aufgestellte und nach Bau und Stellung richtig erkannte Formgattung *Myxolibertella* doch nur als Synonym von *Phomopsis*, da nunmehr feststeht, daß beide denselben Formentypus vorstellen.

In diese Formgattung *Phomopsis* Sacc. (= *Myxolibertella* v. Höhn.) sind mit mehr minder großer Zuverlässigkeit nachfolgende Formen einzureihen.

1. *Phoma oblonga* Desm. zu *Diaporthe Eres* N.?[1]
2. *Phoma Pseudoacaciae* Sacc. zu *D. fasciculata* N.
3. *Phoma sordida* Sacc. zu *D. sordida* N.
4. *Phoma sorbariae* Sacc. zu *D. sorbariae* N.
5. *Phoma cryptica* Sacc. zu *D. crytica* N.
6. *Phoma incrustans* Sacc. zu *D. incrustans* N.
7. *Phoma immersa* Sacc. zu *D. immersa* (Fuck.) N.
8. *Phoma Acchilleae* Sacc. zu *D. orthoceras* (Fries) N.?
9. *Rhytisma Urticae* Tul. non Fries zu *D. Tulasnei* N.
10. *Phoma juglandina* Sacc. zu *D. juglandina* (Fuck.) N.
11. *Phoma rudis* Sacc. zu *D. rudis* (Fries) N.

---

[1] *Phoma Eres* Sacc. und *Phoma ulmicola* Rich. sind vielleicht nur Formen von *Phoma oblonga* Desm.; *Phoma ulmicola* scheint schließlich zweiteilige Sporen zu haben.

Digitized by Google

12. *Phoma velata* Sacc. zu *D. velata* (P.) N.
13. *Myxolibertella Scobina* v. Höhn. zu *D. Scobina* N.
14. *Phoma tinea* Sacc.? zu *D. Backhausii* N.
15. *Phoma incarcerata* Sacc. zu *D. incarcerata* (B. und Br.) N.
16. *Phoma vepris* Sacc. zu *D. vepris* (De Lacr.) Fuck.
17. *Phoma revellens* Sacc. zu *D. revellens* N.
18. *Phoma Sarothamni* Sacc. zu *D. Sarothamni* (Aw.) N.
19. *Phoma putator* Sacc. zu *D. putator* N.
20. *Phoma alnea* Sacc. zu *D. alnea* Fuck.
21. *Phoma Landeghemiae* Sacc. zu *D. Landeghemiae* (West.) N.
22. *Phoma Ryckholtii* Sacc. zu *D. Ryckholtii* (West.?) N.
23. *Phoma oncostoma* Sacc. zu *D. oncostoma* Duby.
24. *Phoma picea* Sacc. zu *D. picea* Sacc.
25. *Myxosporium sulphureum* Sacc. zu *D. sulphurea* Fuck.
26. *Fusicoccum Carpini* Sacc. zu *D. Carpini* Sacc.
27. *Fusicoccum Kunzeanum* Sacc. zu *D. Kunzeana* Sacc.
28. *Fusicoccum castaneum* Sacc. zu *D. castanea* (Tul.) Sacc.
29. *Fusicoccum galericulatum* Sacc. zu *D. galericulata* (Tul.) Sacc.
30. *Fusicoccum quercinum* Sacc. zu *D. leiphaema* (Fries) Sacc.
31. *Fusicoccum fibrosum* Sacc. zu *D. fibrosa* (P.) Fuck.
32. *Fusicoccum leucostomum* Sacc. zu *D. Spina* Fuck.
33. *Libertella pallida* Fuck. auf *Salix*.
34. *Myxolibertella Aceris* v. Höhn. (Ann. mycol., 1903, 526).
35. *Septomyxa Tulasnei* (Sacc.) v. Höhn. = *Myxosporium Tulasnei* Sacc. = *Myxosporium Späthianum* Allesch. = *Septomyxa Negundinis* Allesch. = *Myxosporium Tulasnei* Sacc. var. *monacense* Allesch. gehört zu *Diaporthe longirostris* (Tul.) und hat im reifen Zustand zweizellige Sporen; die Stylosporen sind hier noch nicht beobachtet, doch dürften sie auch vorkommen.

Übrigens haben die Spermatien aller angeführten *Phomopsis*-Formen die Neigung zur Bildung zweizelliger Sporen,

Digitized by Google

was daraus schon hervorgeht, daß in den Spermatien stets zwei Öltröpfchen auftreten als Anzeichen einer beginnenden Zweiteilung. In ähnlicher Weise sind die Ascussporen der *Diaporthe*-Arten eigentlich vierzellig, wie schon Nitschke (l. c., p. 243) betont, doch wird meist nur die mittlere Scheidewand der Sporen deutlich, weshalb sie meist, z. B. in der Sylloge, zu den zweizelligen gerechnet werden, aber eigentlich mit Unrecht.

Bei dieser Gelegenheit sei noch bemerkt, daß *Calospora leucostroma* Niessl, *Melanconis thebebola* (Fries) und *Pseudovalsa Innesii* (Curr.) offenbar *Diaporthe*-Arten sind, bei welchen zum Teil als Nebenfruchtform *Phomopsis*-Formen vorkommen und die Paraphysen teils völlig fehlen, teils undeutlich entwickelt sind.

88. Über einige Melanconieen (Stilbospora, Coryneum).

Da über die zu besprechenden Arten in den gebräuchlichen Bestimmungswerken einige Unklarheit herrscht, seien über sie nachfolgende Bemerkungen im Anschluß an die sich von mir über *Stilbospora macrosperma* Berk. und Br. in den Ann. mycol., 1904, p. 55, befindlichen gemacht.

1. *Stilbospora macrosperma* Berk. et Br. (Hooker's Journ. of Bot., 1851, III., p. 321, Taf. IX und X) non Persoon! kommt nur an Ulmenzweigen vor, gehört zu *Pseudovalsa Berkeleyi* (Tul.) Sacc., Syll., II., p. 137 = *Melanconis Berkeleyi* Tul., Sel. f. carp., II., p. 130, und hat stets vierzellige, gleichmäßig dunkelbraune Sporen von 40 bis 60 und 16 bis 20 μ.

Der Pilz ist von Tulasne (Selecta f. carp., II., p. 130) und von Fuckel (Symb. mycol., p. 188) gut beschrieben worden, er fehlt aber in den Bearbeitungen der Melanconieen bei Saccardo und Allescher. Nach Berlese (Icon., I., p. 48) ist *Pseudovalsa convergens* (Tode) Sacc., Syll., II., p. 136; Winter, *Pyrenomyc.* II., p. 791, der ältere Name für *Pseudovalsa Berkeleyi* (Tul.). Nach Fuckel (Symb. mycol., I. Nachtrag, p. 25 [313]) hat dieser Pilz neben der *Stilbospora* noch eine Pycnidenform, deren Sporen lange, eingerollte, hyaline Anhängsel besitzen und die von Saccardo (Syll., II., p. 138) als *Hendersonia*

Digitized by Google

Berkeleyi bezeichnet wird. Es ist keine *Cryptostictis*, wie ich früher (Ann. mycol., 1904, p. 56) annahm. Sie fehlt im Systeme der Sphäropsideen bei Saccardo und Allescher.

An einem in Niederösterreich gesammelten Exemplare fand ich noch eine dritte Nebenfruchtform der *Pseudovalsa convergens*, dichte, fest verwachsene Gruppen, die aus zwei bis mehreren rundlichen, 200 bis 300 μ großen Pycniden bestehen, mit derber Wandung, die innen 20 bis 25 radial oder gyrös nach innen vorspringende, faltenartige, oft bis in das Zentrum reichende Vorsprünge besitzen, die mit kurzen, einfachen, sehr dünnen Sporenträgern dicht besetzt sind, welche äußerst kleine, hyaline, gerade, 1 bis 3 μ lange und $^1/_2$ bis 1 μ breite Spermatien bilden. Es scheint eine *Cytospora* zu sein, die sich aber sehr *Dothiorella* nähert und vielleicht am besten als *Dothiorella convergens* v. Höhn. vorläufig zu bezeichnen ist.

Noch sei bemerkt, daß nach Berkeley und Broome (l. c., Taf. X, Fig. 6) die *Stilbospora macrosperma* an denselben Sporenträgern drei- bis viermal hintereinander Sporen bildet, wodurch kragenförmige Gebilde an den ersteren entstehen, was noch weiter zu verfolgen wäre.

Stilbospora macrosperma B. und Br. findet man in den Exsikkaten Allescher und Schnabl, F. bav., No 164, und Fuckel, F. rhen., No 2330, I. (mein Exemplar von Fuckel, F. rhen., No 586, wächst nicht auf *Ulmus* und gehört daher nicht hieher).

2. *Stilbospora macrospora* Persoon (Tentam. dispos., 1797, p. 14, Taf. 3, Fig. 13), später 1801 in Synops. meth. fung., p. 96, *Stilbospora macrosperma* Pers. genannt und unter diesem falschen Namen in die Literatur übergegangen, zeigt nach der Persoon'schen Abbildung längliche, 4 bis $4^1/_2$mal so lange als breite Sporen, mit meist vier, seltener fünf Querwänden; der Pilz bricht in rundlichen Häufchen aus der Rinde hervor. Mit Persoon's Abbildung stimmt gut überein die in Nees, System der Pilze, Fig. 17; hingegen nicht gut die von Corda in Sturm, Deutschl. Flora, III., II. Bdch., p. 47, Taf. 21, welche zwar auch fünfzellige, aber nur 2 bis $2^1/_2$mal so lange als breite Sporen zeigt. Exsikkaten dieses Pilzes gibt es nicht; die unter diesem Namen ausgegebenen sind teils *Stilbospora*

Digitized by Google

angustata, teils *Steganosporium pyriforma*; so sind Libert, Crypt. Ard., Nr. 390 (nach Fresenius' genauer Beschreibung in Beiträge zur Mykol., p. 64, Taf. VII, Fig. 46 bis 51), *Stilbospora angustata* Rabenhorst, Herb. mycol., 993, und F. europ., 2559, *Steganosporrium pyriforme*. Fuckel und spätere fanden den Pilz auch nicht, ebensowenig Tulasne; dabei soll er nach Fries (Syst. mycol., III., 485) nicht selten sein. Er gehört daher zu den zweifelhaften und dürfte zu streichen sein.

Ebenso ist *Stilbospora macrosperma* Pers. Syn. in Désmazière, 1826, Pl. crypt. du Nord de la France, No 136, nichts anderes als *Stilbospora angustata* auf *Carpinus*-Rinde, nach dem Originalexemplar.

3. *Didymosporium macrospermum* Corda, Icon., 1854, VI., p. 5, Fig. 17, hat nach Corda zweizellige Sporen. Der Pilz ist zweifellos echt von Fuckel in F. rhen., Nr. 83, ausgegeben. F. gallici, 5788, ist nicht diese Art und mein Exemplar davon ohne Wert. Fuckel's Pilz hat Fresenius (Beiträge zur Mykol., p. 104, Taf. XIII, Fig. 39 bis 42) genau untersucht und die Sporen stets vierzellig gefunden. Diesen Befund kann ich auf Grund meiner eigenen Prüfung von F. rhen. 83 vollkommen bestätigen. Der Pilz ist daher eine *Stilbospora* und muß nun, da der Speziesname Corda's im Jahre 1854 publiziert wurde, während der gleichlautende von Berkeley und Broome vom Jahre 1851 datiert ist, umgetauft werden. Ich nenne Corda's Pilz *Stilbospora Cordaeana* v. Höhn. Es ist nach allem Bekannten eine sehr charakteristische Art, die durch die hyalinen Endzellen an eine vierzellige *Pestallozzia*-Art nach Abfall der Cilien erinnert. Fuckel's Exemplare zeigen relativ schmälere Sporen, als Corda's Bild zeigt, und sind überhaupt alt und schlecht, so daß die Gattungszugehörigkeit durchaus nicht feststeht. Scheint nur auf nacktem Holz aufzutreten (Fuckel: *Quercus*).

4. *Coryneum macrospermum* Berk. und Broome (Annals of nat. Hist., 1861, 7., p. 381, Taf. XV, Fig. 12) wird von den Autoren für eine weiter entwickelte Form von *Didymosporium macrospermum* Corda gehalten. Der Pilz wächst auf nacktem Ulmenholz (und nicht auf *Alnus*, wie Syllog., III., 776, und darnach bei Allescher steht). Diese Meinung wird aber schon von Fresenius (l. c.) bekämpft, und mit Recht, denn der eng-

Digitized by Google

lische Pilz, über den leider keine Größenangaben existieren, hat fast zylindrische, längere und relativ schmälere Sporen, die vier bis fünf Querwände aufweisen, ferner derbe Sporenträger, die oft gabelig verzweigt sind. Die Endzellen der Sporen sind hingegen wie bei Corda's Pilz hyalin. Der Pilz dürfte kaum ein *Coryneum* sein und sollte er sich als *Stilbospora* entpuppen, so müßte er umgetauft werden.

89. Über die Haplographiumarten auf Koniferennadeln und Sclerotium glauco-albidum Desm.

Auf am Boden liegenden Tannennadeln findet man im Wienerwalde sehr häufig einen penicilliumähnlichen, aber braunhyphigen Pilz. Derselbe entspringt einem dünnen, aus braunen, kurzgliederigen und dicht verwachsenen Hyphen bestehenden Subiculum und zeigt an der Basis meist zu mehreren verwachsene, unten dunkelbraune, etwa 12 bis 14 μ breite, nach obenhin allmählich blässere und auf etwa 8 μ verschmälerte Fruchthyphen von verschiedener, oft zirka 240 μ betragender Länge.

Diese Fruchthyphen sind oben ganz so wie *Penicillium* verzweigt. Die primären Zweige sind subhyalin oder blaßbräunlich, stehen zu etwa drei bis fünf in einem Quirl, sind etwa 12 μ lang und 4 bis 5 μ breit und tragen an der Spitze etwa 8 μ lange und 3 μ breite, wieder quirlig angeordnete Sterigmen, welche die einfachen Sporenketten entwickeln. Die Sporen sind dünnwandig, fast hyalin oder blaß schmutziggelb, eiförmig (7 und 5) oder fast kugelig (8 und 7 μ), glatt oder sehr schwach rauh.

Wie der Vergleich mit dem Originalexemplar in Fungi gallici, Nr. 5289, zeigte, ist dieser Pilz identisch mit *Haplographium penicilloides* Fautrey auf Nadeln von Fichten (siehe Revue mycol., 1890, p. 68). Das zitierte Originalexemplar ist zwar sehr kümmerlich und schlecht, doch ist genug zu sehen, um in Verbindung mit der Diagnose die Identität beider Pilze festzustellen.

Das oben erwähnte Subiculum ist ursprünglich nur in Form von braunen, zelligen Pfropfen, welche die Spaltöffnungen der Unterseite der Nadeln ausfüllen, entwickelt. Erst später

Digitized by Google

breitet es sich weiter aus. Aus jeder Spaltöffnung kommen eine bis drei Fruchthyphen.

Kultiviert man den Pilz unter der Glasglocke im feuchten Raume, so bildet er statt den verhältnismäßig großen, runden Sporen, die meist gelblich gefärbt sind, nur 3 bis 5 μ lange, ganz glatte, hyaline, längliche Sporen aus, die auch in längeren Ketten stehen. Man glaubt nun, einen ganz anderen Pilz vor sich zu sehen, da die Sporen ganz anders aussehen.

Es ist mir daher wahrscheinlich, daß die von Preuss (Linnaea, 1851, 24. Bd., p. 134 bis 136) auf *Pinus*-Nadeln beschriebenen, braunhyphigen *Penicillium*-Arten: *Penicillium flexuosum, fuscipes* und *finitimum* in den Formenkreis der in Rede stehenden Art gehören, um so mehr, als die Diagnosen der Arten Preuss' einander sehr ähnlich lauten und die sich auf die Sporen beziehenden Unterschiede nach dem Gesagten offenbar keinen Wert haben.

Wenn dies der Fall ist — und es wird sich dies bei dem Mangel an Originalexemplaren nicht mehr sicher feststellen lassen — muß der Pilz *Haplographium finitimum* (Preuss) Sacc. (Sylloge Fung., IV., p. 307) heißen, da bei Preuss diese Art voransteht.

Mit der Entwicklung der Sporenträger ist aber die des Pilzes nicht abgeschlossen. Wenn die Sporen abgefallen sind, sprossen aus dem Subiculum und aus der Basis der Sporenträger 2 bis 3 μ dicke, braune, sparrig verzweigte, sterile Fäden heraus, die schließlich ein lockeres, die Unterseite der Nadeln bedeckendes Polster bilden. In diesem Polster bilden sich nun stellenweise meist in zwei Reihen zu beiden Seiten des Mittelnerves stehende, anfänglich ganz hyaline und knorpelige, später bis auf zirka 300 μ Breite anwachsende, weiße, dann blaugraue und endlich etwas bräunlich werdende Sclerotien heraus, deren weitere Entwicklung noch zu verfolgen ist.

Meine Vermutung, daß die von Désmazière auf den Nadeln der Eibe gefundenen und unter dem Namen *Sclerotium glauco-albidum* beschriebenen Gebilde damit identisch sind, konnte durch den direkten Vergleich mit dem Désmazière'schen Originalexemplar in Plantes crypt., Ed. 1, Nr. 2034, als richtig bestätigt werden. Auch Désmazière sah den braunen Filz, in

Digitized by Google

welchem die Sclerotien sitzen (Ann. scienc. nat., 1851, XVI. Bd., p. 329).

Sclerotium glauco-albidum Desm. gehört daher in den Entwicklungskreis der obengenannten Hyphomyceten, die offenbar alle denselben Pilz darstellen.

90. Über Dacryomyces Lythri Desm.

Daß dieser Pilz kein *Dacryomyces* ist, geht schon aus der Beschreibung hervor (Ann. scienc. nat., 1847, 8. Bd., p. 190, Not. 14). Die Untersuchung des Originalexemplares in Desmazière, Pl. crypt., Nr. 1545, ergab, daß es ein kleines *Fusarium* mit einzelligen Sporen ist, in die Gruppe *Fusamen, Selenospora* (Syll., IV, p. 714) gehörig. Die Sporenträger sind baumartig-büschelig verzweigt, etwa 40 bis 60 μ hoch, 1 bis $1^1/_2$ μ dick, septiert und tragen an den Spitzen der Äste einzellige, hyaline, spindelförmige, beidendig spitze, meist gekrümmte 8 bis 10 = 1·5 bis 2·5 μ große Sporen, die einzeln stehen und nicht in Ketten, wie Desmazière angibt.

Solche kleine, auf Blättern sitzende einzellig-sporige *Fusarium*-Arten, die, wie es scheint, meist hervorbrechend sind, werden in den Syll., III, p. 698, zur Melanconieengattung *Hainesia* gestellt und wäre daher der in Rede stehende Pilz als *Hainesia Lythri* (Desm.) v. Höhn. zu nennen. Allein die Gattung *Hainesia* kann neben *Fusarium* nicht aufrecht erhalten werden, da auch viele Arten von *Fusarium* hervorbrechen und ein anderer Unterschied zwischen der Sektion *Selenospora* und *Hainesia* nicht existiert. Jedenfalls ist *Hainesia* keine Melanconiee, da, wenn der Pilz auch hervorbrechend ist, die Sporenträger schließlich doch ganz oberflächlich freistehen und nicht bleibend eingesenkt sind wie bei den echten Melanconieen. Auch haben diese stets kurze, einfache Sporenträger, während sie bei *Hainesia* sowie bei *Tubercularia* verzweigt und lang sind. *Hainesia* kann daher nur als Sektion von *Fusarium* betrachtet werden und fällt dann mit *Selenospora* zusammen.

Unter diesen Umständen ist es kein Wunder, daß in dieser Gruppe von Pilzen ganz nahe miteinander verwandte Formen im Systeme oft weit getrennt erscheinen.

Digitized by Google

So zweifle ich nicht daran, daß *Hainesia borealis* Ell. und Ev. (Syll., X, p. 446), *Hymenula Galii* Peck. (Syll., XIV, 1118), *Dacryomyces epiphyllus* Schw. (Syll., VI, p. 802) wahrscheinlich derselbe Pilz sind.

Pactilia Galii All. und P. Henn. (Hedwigia, 1879, p. 245) ist offenbar eine *Hainesia* und mit *Tubercularia Galii* (Moug.) zu vergleichen. *Hainesia Epilobii* Eliass. (Bihang k. Sv. Vet. Akad. Handl., Bd. XXII, Abh. III, Nr. 12, p. 16 [1897]) wird als oberflächlich wachsend beschrieben und wäre mit *Gloeosporium Brownmanni* Ell. und Ev. und mit *Fusidium punctiforma* Schlecht. zu vergleichen.

Hainesia taphrinoides D. Sacc. et Cav. (Syll., XVI, 995) ist, soweit ich an dem Originalexemplar (Mycoth. italica, Nr. 770) erheben konnte, kein Pilz, sondern eine gallenartige, etwas verschimmelte Bildung, wahrscheinlich von einer Milbe (*Calophya* oder *Eriophys*) herrührend.

91. Zur Synonymie einiger Pilze.

1. *Gymnosporangium Oxycedri* Bres. (Fungi Lusitanici in Broteria, 1903, II, 88) dürfte von *G. gracile* Pat. (Champ. Algero-Tunisiens. in Bull. Soc. Myc. de France, 1902, p. 47) nicht verschieden sein.

2. *Ulocolla badio-umbrina* Bres. (Ann. myc., I, p, 115) ist nach der Beschreibung und nach erhaltenen Originalexemplaren offenbar gleich *Exidia neglecta* Schröter (Pilze Schlesiens, p. 393).

3. *Merulius giganteus* Sauter (Hedwigia, 1877, p. 73) ist nach der Beschreibung vielleicht *Polyporus Schweinitzii* Fr. im jugendlichen Zustande, in dem das Hymenium ganz meruliusartig aussieht (s. auch Hedrigia 1903, 181).

4. *Ganoderma Pfeifferi* Bres. (Bull. Soc. Myc., 1889, p. 70) ist trotz der voneinander sehr verschiedenen Beschreibungen, wie durch Vergleich der beiden Originalexemplare festgestellt werden konnte, vollkommen gleich *Polyporus laccatus* Kalchbr. (Österr. bot. Zeitschr., 1885, p. 81; Bot. Zentralbl., 1885, I, p. 337).

Digitized by Google

Der Pilz ist jedenfalls weit verbreitet; ich sah ihn aus Niederösterreich, Steiermark (Wotsch, leg. Wettstein) und aus dem Schwarzwalde. Da nach Bresadola *Placodes resinosus* Quélet, Flore mycol., p. 400, auch *G. Pfeifferi* ist, kommt er auch im Jura vor (s. Revue myc., 1890, p. 103).

Er wächst auf Laub- und Nadelhölzern (*Prunus*, *Fagus*, *Abies*). Er wurde angeblich auch bei Cilli (Steiermark) und bei Laibach (W. Voss) gefunden.

5. *Lenzites faventina* Cald., Herb. (1866) in de Notaris, Erb. critt. ital., II. Serie, Nr. 89 (auf *Populus* bei Faenza; ausgegeben 1868) ist vollkommen identisch mit *Lenzites Reichardtii* Schulzer in de Thümen, Myc. univ., Nr. 1501, auf *Populus nigra* (1879), wie durch Vergleich der beiden Originalexemplare festgestellt wurde.

6. *Inocybe fulvella* Bres. (Fungi trid., 1892, II, p. 16, Taf. 119) ist von *Inocybe rufo-alba* Pat. et Doass. (Patouillard, Tab. anal. Nr. 548; Rev. myc., 1886, p. 26) nicht spezifisch verschieden. Der Pilz ist im Wienerwald nicht selten und tritt herdenweise auf. Er variiert sehr; ein Stück hatte einen viel größeren Hut und einen vollkommen hohlen Stiel. Der Pilz ist sehr verbreitet und ist aus den Pyrenäen, England, Mitteldeutschland, Niederösterreich und Tirol bekannt.

7. *Lycoperdon annularius* Beck (Zool. Bot. Ges. Wien, 1885, p. 369) ist nach der Beschreibung und den von mir gesehenen, von Ratthay gesammelten Exemplaren gleich *L. hyemale* Bull. = *L. depressum* Bonord.

8. *Lycoperdon Ratthayanum* Wettst. (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Kl., 94. Bd. [1886], p. 71) ist derselbe Pilz.

9. *Bovista ochracea* Wettst. (Zool. Bot. Ges. Wien, 1885, p. 576) ist nach der Beschreibung offenbar gleich *Lycoperdon pusillum* Batsch.

10. *Peziza lugubris* de Not. in Erb. critt. ital. (= *Pyrenopeziza lugubris* (de Not.) Sacc., Syll., VIII, 358, ist nach dem Originalexemplar vollkommen gleich *Scleroderris aggregata* (Lasch). Das de Notaris'sche Original ist unreif. Die Abbildung hievon in Gonnermann und Rabenhorst (Mycologia europ., Taf. V) ist offenbar falsch.

Digitized by Google

11. *Helotium glabrescens* Boud. (Bull. soc. bot., 1881, p. 95, Taf. II, Fig. 6) ist wahrscheinlich *Coryne prasinula* Karst.

12. Als auf *Phragmites communis* vorkommend sind 9 Arten *Stagonospora* beschrieben. Diese große Zahl ist jedenfalls auffallend. Drei derselben (*St. hydrophila* Br. und H. *hysterioides* (Karst.) und *St. vexatula* Sacc.) fand ich an einem und demselben Halmstücke. Sie zeigen genau den gleichen Bau der Gehäuse und Sporen und unterscheiden sich nur durch die verschiedene Länge der letzteren voneinander. Mikroskopisch untereinander verglichen, erkennt man sofort, daß sie eine zusammengehörige Entwicklungsreihe desselben Pilzes bilden, zu welchem offenbar auch *Stagonospora lophioides* Sacc. und *Diplodina arundinacea* Sacc. gehören.

13. *Sphaeronaemella Helvellae* Karst. (Hedwigia, 1884, p. 18) ist ohne Zweifel identisch mit *Sphaeria vitrea* Corda (Icon. Fung., I, p. 25, Fig. 297) = *Ceratostoma vitreum* Fr. (Summa veg. scand., p. 396) = *Melanospora vitrea* Sacc. Syll., II, 463 (s. auch Zukal, Verh. d. Zool.-bot. Ges. Wien, 1885, p. 431).

Der Pilz ist aus breiten Hyphen aufgebaut und ist glasartig durchsichtig. Er verdient in ein eigenes Formgenus gestellt zu werden, da er mit den anderen *Sphaeronaemella*-Arten in keiner näheren Verwandtschaft steht.

14. *Oedemium Thalictri* Jaap. (Ann. mycol., 1905, p. 401) wird mit *Haplobasidium Thalictri* Ericks. (Bot. Zentralbl., 1889, 38. Bd., p. 786) identisch sein.

15. *Fusidium leptospermum* Pass. ist offenbar das Conidiumstadium von *Entyloma Ranunculi* Bon. (die in Winter, Pilze, I, p. 113, erwähnten Nebenfruchtformen gehören nicht dazu).

16. *Naematogonium album* Bainier (Bull. soc. myc., 1905, p. 127) ist nach Beschreibung und Abbildung kein *Naematogonium* und vollkommen identisch mit *Physospora albida* v. Höhn. in Ann. myc., I, p. 527.

Digitized by Google

Namenverzeichnis.

Seite

Agyriellopsis coeruleo-atra v. Höhn. 678
» *difformis* v. Höhn. 677
Aposphaeria difformis Sacc. 678
Botryosphaeria Hypericorum Cke. 667
» *Molluginis* n. sp. 666
Bovista ochracea Wettst. 689
Calosphaeria biformis Tul. 666
» *parasitica* Fuck. 659
Calospora leucostroma Nssl. 682
Cenangium rosulatum n. sp. 649, 650
» *salicellum* v. Höhn. 649
» *Salicis* Schröt. 649
» *tryblidioides* Ell. et Ev. 649
Ceratostoma vitreum Fr. 690
Ciliomyces n. g. 672, 673
» *oropensis* (Ces.) v. Höhn. 672, 673
Coronophora annexa Nke. 661, 662, 664
» *myriospora* Nke. 661
» *Nitschkei* Sacc. 661
» *thelocarpoidea* n. sp. 661
Coryne prasinula Karst. 690
Coryneum macrospermum B. et Br. 684
Cryptosphaerella annexa (Nke.) v. Höhn. 666
» *Nitschkei* (Auersw.) 662, 664, 666
Cylindrosporium hamatum Bres. 676, 677
» *Heraclei* Ell. et Ev. 676, 677
» » (Lib.) v. Höhn. 677
Cytospora melanodiscus (Otth) v. Höhn. 660
Cytosporella conspersa Rich. 676
Dacryomyces epiphyllus Schw. 688
» *Lythri* Desm. 687
Diaporthe Berlesiana S. et R. 657
» *Briardiana* Sacc. 657
» *nigricolor* Nke. 657
» *syngenesia* (Fr.) Fuck. 657

Digitized by Google

Seite
Didymosporium macrospermum Cda. 684
Diplodina arundinacea Sacc. 690
Doassansia Rhinanthi Lagerh. 654
Dothichiza (?) *Eupatorii* Allesch. 667, 671
Dothiora Sorbi (Wahlbg.) Fuck. 667
» *sphaeroides* 667
Dothiorella caespitosa (Preuss) 675
» *convergens* v. Höhn. 683
» *inversa* (Fr.) v. Höhn. 676
» *multiplex* (Preuss.) 675
» *sorbina* Karst. 675
» *stromatica* (Preuss.) 675
Enchnoa alnicola n. sp. 655
» *lanata* Fr. 655
Entyloma Ranunculi Bon. 690
Euvalsa circinatae 660
Exidia neglecta Schröt. 688
Fusicoccum Carpini Sacc. 681
» *castaneum* Sacc. 681
» *fibrosum* Sacc. 681
» *galericulatum* Sacc. 681
» *Kunzeanum* Sacc. 681
» *quercinum* Sacc. 681
Fusidium leptospermum Pass. 690
» *punctiforme* Schlecht. 688
Ganoderma Pfeifferi Bres. 688, 689
Gloeosporium Brownmanni Ell. et Ev. 688
Gonomonia amoena (Nees) f. *carpinea* 671
Gymnosporangium gracile Pat. 688
» *Oxycedri* Bres. 688
Hainesia borealis Ell. et Ev. 688
» *Lythri* (Desm.) v. H. 687
» *taphrinoides* Sacc. et Cav. 688
Haplobasidium Thalictri Ericks. 690
Haplographium finitimum (Preuss) Sacc. 686
» *penicilloides* Fautr. 685
Helotium glabrescens Boud. 690
Hendersonia Berkeleyi 682

Digitized by Google

Seite
Hymenula Galii Peck. ... 688
Inocybe fulvella Bres. ... 689
» *rufo-alba* Pat. et Doass. ... 689
Lenzites faventina Cald. ... 689
» *Reichardtii* Schulz. ... 689
Leptosphaeria culmicola (Fr.) ... 656
Leptostroma Eupatorii Allesch. ... 669, 671
Libertella pallida Fuck. ... 681
Lycoperdon annularius Beck. ... 689
» *depressum* Bon. ... 689
» *hyemale* Bull. ... 689
» *pusillum* Batsch. ... 689
» *Ratthayanum* Wettst. ... 689
Macrophoma guttifera (Otth) v. Höhn. ... 674
» *Scheidweileri* (West.) ... 674
Massaria Fuckelii Nke. ... 675
» *heterospora* Otth ... 674
» *Platani* ... 674
Melanconis Berkeleyi Tul. ... 682
» *thelebola* (Fr.) ... 682
Melanomma ovoideum ... 661
Melanospora vitrea Sacc. ... 690
Merulius giganteus Sauter ... 688
Metasphaeria Leersii Sacc. ... 656
Mollisia Rhinanthi Karst. ... 653, 654
Monographus Aspidiorum ... 667
Myxodiscus n. g. ... 671
» *confluens* (Schw.) v. Höhn. ... 671
Myxolibertella v. Höhn. ... 680
» *Aceris* v. Höhn. ... 681
» *scobina* v. Höhn. ... 681
Myxosporium scutellatum (Otth) v. Höhn. ... 678
» *sulphureum* Sacc. ... 681
Naemacyclus caulium v. Höhn. ... 650
» *flavus* Rehm ... 651
Naematogonium album Bainier ... 690
Nectria lichenicola Crouan ... 673
» *oropensis* Ces. ... 672, 673

Digitized by Google

Seite
Ocellaria aurea Tul. ... 678
Oedemium Thalictri Jaap. ... 690
Pactilia Galii All. und P. Henn. ... 688
Penicillium flexuosum ... 686
» *finitimum* ... 686
» *fuscipes* ... 686
Peziza cirrata Crouan ... 655
» *lugubris* de Not. ... 689
Phoma sp. ... 680
Phomopsis Sacc. ... 680
Physospora albida v. Höhn. ... 690
Placodes Pfeifferi ... 689
» *resinosus* Quélet ... 689
Placosphaeria campanulae ... 652
» *Cicutae* (Lasch) v. Höhn. ... 652
» *punctiformis* ... 652
Pleonectria lichenicola (Crouan) ... 673
Polyporus laccatus Kalchbr. ... 688
» *Schweinitzii* Fr. ... 688
Pseudovalsa Berkeleyi Tul. ... 682
» *convergens* (Tode) Sacc. ... 682
» *Innesii* (Curr.) ... 682
Pyrenopeziza Cicutae (Lasch) v. Höhn. ... 652
» *lugubris* de Not. ... 689
» *Rhinanthi* (Somm.) Sacc. ... 653, 654
» » Karst. ... 653
Quaternaria Persoonii ... 659
Rhytisma confluens Schw. ... 671
» *Urticae* Tul. (non (Fr.) ... 680
Scirrhia rimosa ... 668
Scleroderris aggregata (Lasch) ... 689
Sclerotium glauco-albidum Desm. ... 686, 687
Septomyxa Negundinis Allesch. ... 681
» var. *monacense* Allesch. ... 681
Septoria Heraclei Desm. ... 676, 677
» » Lib. ... 676, 677
Sphaerella Leersii Pass. ... 656
Sphaeria Circutae Lasch ... 651, 652

Digitized by Google

Seite
Sphaeria complanata Tode 653, 654
» *inversa* Fr. 676
» *Nitschkei* Auersw. 666
» *Rhinanthi* Lib. 653, 654
» » Somm. 653, 654
» *vitrea* Cda. 690
Sphaeronaemella Helvellae Karst. 690
Sphaeronema Rhinanthi Lib. 653, 654
Sphaeropsis guttifera Otth 674
» *scutellata* Otth 678
Stagonospora hydrophila Br. et H. 690
» *hysterioides* (Karst.) 690
» *lophioides* Sacc. 690
» *vexatula* Sacc. 690
Steganosporium pyriforme Fuck. 684
Stilbospora angustata Rab. 684
» *Cordeana* v. Höhn. 684
» *macrosperma* B. et Br. 682, 683
» » Pers. 683
» *macrospora* Pers. 683
Tubercularia Galii Moug. 688
Tympanis alnea (P.) 676
» *conspersa* (Fr.) 675, 676
Ulocolla badio-umbrina Bres. 688
Unguicularia falcipila n. sp. 654
Valsa melanodiscus Otth 659
» *Nitschkei* (Auersw.) 666
» *subcongrua* Rehm 659
Xyloma confluens Schw. 668, 671
Zythia muscicola v. Höhn. 675
» *Rhinanthi* (Somm) Fr. 652, 654

Digitized by Google

Digitized by Google

Serpentin und Heulandit

(vierte Mitteilung über die Darstellung der Kieselsäuren)

von

Silvia Hillebrand.

(Mit 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. Mai 1906.)

Die direkte Bestimmung der Säuren, von denen sich die Silikate ableiten, ist in vielen Fällen ausführbar, seitdem G. Tschermak den Weg gewiesen, der zu dem genannten Ziele führt. Wenn es gelingt, das zu prüfende Silikat bei gewöhnlicher oder etwas erhöhter Temperatur zu zerlegen und die entsprechende Kieselsäure vollkommen abzuscheiden, so besteht die weitere Aufgabe darin, die gereinigte Kieselsäure auf ihr Verhalten beim Eintrocknen zu prüfen. Manche der Säuren, es sind immer die wasserstoffarmen, verlieren beim Trocknen das mechanisch beigemengte Wasser allmählich und sind hierauf ziemlich luftbeständig. Sie haben also im lufttrockenen Zustande die normale Zusammensetzung. Die wasserstoffreichen hingegen haben die Eigenschaft, nachdem sie vom mechanisch beigemengten Wasser befreit sind, auch weiterhin an der Luft ihre Zusammensetzung zu ändern, indem sie Wasser abspalten. Wenn eine solche Kieselsäure dem Eintrocknen bei konstanter Temperatur überlassen und in gleichen Zeitintervallen gewogen wird, so ergibt sich eine Trocknungskurve, die in dem Augenblick, als das mechanisch beigemengte Wasser verdampft ist und die chemische Zersetzung der Säure beginnt, einen Knick erleidet. Wird der Knickpunkt bestimmt und nach weiteren Wägungen der Wassergehalt ermittelt, so läßt sich die Zusammensetzung der geprüften Kieselsäure beim Knickpunkte, also deren normale Zusammensetzung, ermitteln.

Digitized by Google

Sobald aber die Kieselsäure bekannt ist, welche einem bestimmten Silikat zu Grunde liegt, läßt sich die chemische Konstitution des letzteren entweder unmittelbar angeben oder nach Zuhilfenahme weiterer Versuche mit großer Wahrscheinlichkeit erkennen. Eine vollkommene Sicherheit in dieser Beziehung wird in vielen Fällen möglich sein, sobald es gelingt, das Molekulargewicht zu bestimmen.

Es erschien mir eine lohnende Aufgabe, die Darstellung einiger noch nicht bekannter Kieselsäuren zu versuchen und einen bescheidenen Beitrag zur Kenntnis solcher Silikate zu liefern, die in letzter Zeit den Gegenstand gründlicher Untersuchungen in physikalischer Richtung bildeten, indem ich die Zerlegung und Beobachtung nach der von Tschermak angegebenen Methode[1] ausführte. Zuerst sollen hier einige Mitteilungen Platz finden, die sich auf drei Gattungen beziehen, die unter dem Namen Serpentin vereinigt und als dichter Serpentin, Blätterserpentin und Serpentinasbest unterschieden werden.

Dichter Serpentin.

Zur Untersuchung diente ein Handstück von edlem Serpentin mit Adern von Chrysotil, das von der Fundortangabe Montville in New Jersey begleitet ist. Das Stück wurde gewählt erstens wegen seiner hellen Farbe, die auf einen geringen Eisengehalt schließen und bei der Zersetzung nicht die Bildung von basischem Eisenchlorid befürchten läßt, das nur schwer zu entfernen ist, zweitens wegen der Verbindung mit Chrysotil, der, obwohl chemisch verschieden, doch von gleichartiger Bildung ist.

Der Serpentin erscheint bei Beobachtung mit freiem Auge vollkommen dicht und ist von hell gelblichgrüner Färbung. Beim Zerschlagen erhält man wachsglänzende Bruchflächen und beobachtet auf diesen stellenweise sehr kleine, glatte, stark glänzende Flächen, die wohl Kristallflächen des ursprünglichen Minerals entsprechen. Bei der mikroskopischen Prüfung zeigt sich ein körniges Gefüge. Die einzelnen Körnchen sind

[1] Zeitschrift für physikalische Chemie, Bd. LIII, p. 349 (1905).

Digitized by Google

aus Bündeln von sehr fein radialfaseriger Textur zusammengesetzt. An manchen Stellen sieht man größere Körner mit scharfen Umrissen, die eine rhombische Form verraten und auf Olivin als ursprüngliches Mineral deuten. Die Fasern sind schwach doppelbrechend, doch ist ihr ferneres optisches Verhalten wegen der außerordentlichen Feinheit schwer zu ermitteln. Herr Prof. Becke war so gütig, die Bestimmungen vorzunehmen, wonach die Fasern in den am stärksten doppelbrechenden Schnitten schief auslöschen und die Schwingungsrichtung γ von der Längsrichtung der Fasern 15 bis 20° abweicht. Die erste Mittellinie ist α, der Winkel $2V$ nicht groß, etwa 40 bis 50°. Die Dispersion erscheint schwach $\rho < v$, die Doppelbrechung $\gamma - \alpha$ im Minimum 0·006 und ist für blau merklich größer als für rot. Der mittlere Brechungsquotient 1·555.

Die Dichte des Minerals wurde von mir zu 2·565 bestimmt. Seine Zusammensetzung nach Trocknen bei 100° ist:

		Berechnet $Si_2O_9Mg_3H_4$
Siliciumdioxyd	42·72	43·47
Aluminiumoxyd.....	0·20	
Eisenoxyd	0·68	
Magnesiumoxyd	43·38	43·57
Wasser.....	13·40	12·96
	100·38	100·00

Eisenoxydul, Calcium sind nicht zugegen.

Die Zersetzung des Minerals durch Salzsäure geht leicht von statten und ist in wenigen Tagen vollendet. Die Menge des dabei in scheinbare Lösung übergehenden Siliciums ist nicht groß. In mehreren Versuchen betrug dieselbe höchstens 4% des ursprünglichen Siliciums. Die abgeschiedene Kieselsäure sieht etwas teigig aus und bildet Falten beim Dekantieren. Im feuchten Zustande mikroskopisch untersucht, erscheint dieselbe aus isotropen Splittern von den Formen des ursprünglichen Minerals und aus kleinkörnigen Klümpchen zusammengesetzt. Nach Erhitzen bildet sie nur lose Splitter.

Digitized by Google

Die getrocknete Säure wird durch Methylenblau hell berlinerblau gefärbt.

Durch Trocknen der vollkommen chlorfreien Säure in einem kühlen Raume, dessen Temperatur ziemlich konstant war, wurden bei täglich einmaliger Wägung die folgenden Zahlen erhalten, die Milligramme bedeuten. Die Differenzen sind in der zweiten Zeile angesetzt.

3670	2548	1508	827	811	797
1122	1040	681	16	14	

Der Knickpunkt der Trocknungskurve liegt zwischen den Werten 1508 und 827. Das Gewicht der Säure beim Knickpunkte läßt sich nach der von Tschermak angegebenen Formel

$$G = g_2 - a\frac{b-c}{a-c}$$

berechnen, welche im vorliegenden Falle, da $g_2 = 1508$, $a = 1040$, $b = 681$, $c = 16$ ist, den Wert

$$G = 1508 - 675 \cdot 4 = 832 \cdot 6$$

liefert.

Da nun der Glühverlust der Säure beim Gewichte 797 156·1 betrug, so berechnet sich der Wassergehalt der Säure beim Knickpunkte:

$$W = \frac{156 \cdot 1 + 832 \cdot 6 - 797}{832 \cdot 6} = 23 \cdot 02\,\%.$$

Dieses Ergebnis stimmt sehr nahe mit jenem überein, das Herr Hofrat Tschermak, der mir die Fortsetzung der Arbeit überließ, schon früher bei täglich einmaliger Wägung mit dem gleichen Material erhalten hatte — gemäß den Zahlen

4546	3187	1837	1012	987	984
1359	1350	825	25	3	

Da hier $g_2 = 1837$, $a = 1350$, $b = 825$, $c = 25$, so berechnet sich

$$G = 1837 - 815 = 1022$$

Digitized by Google

und entsprechend dem Glühverluste 194 beim Gewichte 984 der Wassergehalt beim Knickpunkte zu

$$W = \frac{194 + 1022 - 984}{1022} = 22{\cdot}70\%.$$

Um die Dichte der Säure bei der normalen Zusammensetzung, also beim Knickpunkte zu bestimmen, wurde eine ausreichende Menge der gereinigten feuchten Säure in ein Pyknometer getan, dieses nach Anfüllen mit Wasser gewogen, die Säure hierauf dem Eintrocknen überlassen und das Gewicht derselben beim Knickpunkte bestimmt. So wurden für die Dichte die Zahlen 1·809 und 1·798 erhalten.

Als die Säure mit Natronlauge bei gewöhnlicher Zimmertemperatur in solchem Verhältnis zusammengebracht wurde, daß ein Teil der Säure ungelöst blieb und nach zeitweiligem Schütteln sich nach 3 Tagen oberhalb eine klare Lösung gebildet hatte, wurde von dieser ein Teil abgegossen und darin bestimmt $SiO_2 = 123$, $NaCl = 118$, was dem Verhältnis $Si_{1{\cdot}01}Na_1$ entspricht.

Der gefundene Wassergehalt der Säure stimmt mit jenem überein, der für die Metakieselsäure SiO_3H_2 gilt, welche 22·98% Wasser fordert. Das Verhalten aber ist ein anderes. Bei der Zersetzung des Serpentins bildet sich keine Gallerte, die abgeschiedene Säure ist pulverig und löst sich nur in geringer Menge in Salzsäure. Die Färbung der lufttrockenen Säure durch Methylenblau ist viel heller. Die empirische Formel des Serpentins $Si_2O_9Mg_3H_4$ läßt erkennen, daß die demselben zu Grunde liegende Kieselsäure eine höhere Zusammensetzung besitzt als die Metakieselsäure; und zwar muß dieselbe zum mindesten der doppelten Formel $Si_2O_6H_4$ entsprechen, wonach der Serpentin als ein Salz von der Zusammensetzung $Si_2O_6 \cdot (MgOH)_3H$ zu betrachten wäre. Solange nicht fernere Beobachtungen über die Höhe der Zusammensetzung Aufschluß geben, soll für die aus dem Serpentin erhaltene Kieselsäure die Formel

$$Si_2O_6H_4$$

angenommen werden.

Digitized by Google

Tschermak hat diese einstweilen mit der Leucitsäure zusammengestellt, jedoch auf einige Unterschiede hingewiesen, die in der chemischen Struktur begründet sein dürften.

Serpentinasbest (Chrysotil).

Um einen allfälligen Unterschied zwischen Serpentin und Chrysotil leichter aufzufinden, erschien es zweckmäßig, beide zu untersuchende Proben von derselben Stufe zu nehmen und sich durch die chemische Analyse von der bisher angenommenen gleichen empirischen Zusammensetzung zu überzeugen. Der Chrysotil erscheint, beiläufig senkrecht auf die Fasern gesehen, hell bräunlichgelb, hingegen haarbraun auf dem Querschnitte der Fasern. Nach dem Zerdrücken erscheint die wollige Masse gelblichweiß. Die übrigen Eigenschaften stimmen mit jenen, die von den lichtgefärbten Chrysotilen bekannt sind, überein.

Die Dichte wurde zu 2·520 bestimmt, ist also geringer als die des dichten Serpentins. Die chemische Analyse I des Chrysotils lieferte nahezu dieselben Zahlen wie die Analyse II für den besprochenen dichten Serpentin.

	I	II	Berechnet
Siliciumdioxyd	42·48	42·72	43·47
Aluminiumoxyd	0·29	0·20	
Eisenoxyd	0·74	0·68	
Magnesiumoxyd	42·96	43·38	43·57
Wasser (Glühverlust)	13·56	13·40	12·96
	100·03	100·38	100·00

Herr Prof. Becke unterzog sich freundlichst der Mühe, die optische Untersuchung vorzunehmen. Eine Platte, die beiläufig senkrecht zur Längsrichtung der Fasern genommen war, zeigte den Austritt der ersten Mittellinie γ und ließ den Winkel der optischen Achsen beiläufig bestimmen, wonach $2V = 50$ bis 40°. Schliffe parallel den Fasern gaben in der Stellung der stärksten Doppelbrechung eine gerade Auslöschung. Die Doppelbrechung $\gamma - \alpha$ wurde $= 0 \cdot 013$ gefunden. Sie ist für blau größer als für rot, der mittlere Brechungsquotient $= 1 \cdot 540$.

Digitized by Google

Serpentin und Chrysotil, welche beide unter dem Mikroskop eine feinfaserige Struktur zeigen, sind dennoch optisch verschieden. Zwar ist in beiden die Schwingungsrichtung γ der Faserrichtung nahezu parallel, aber im Chrysotil ist γ erste Mittellinie, die Doppelbrechung positiv — im Serpentin ist α die erste Mittellinie, die Doppelbrechung negativ. Der Unterschied rührt hier nicht von der Beimengung des Eisensilikates her wie bei Enstatit und Bronzit, denn der Eisengehalt ist in beiden gleich. Die Verschiedenheit ist also eine wesentliche trotz gleicher prozentischer Zusammensetzung.

Der Chrysotil wird durch Salzsäure schwieriger zersetzt als der Serpentin. Dabei gehen ungefähr 3% des ursprünglichen Siliciumgehaltes in scheinbare Lösung. Um ein feines Pulver zu erhalten, wurde der Chrysotil mit isländischem Doppelspat zusammengerieben, wodurch sich die Operation wesentlich erleichtert, ohne daß ein die zu untersuchende Kieselsäure verunreinigender Stoff beigefügt wird. Die abgeschiedene Säure war sehr voluminös und hatte ein feinflockiges Ansehen, ähnlich dem Aluminiumhydroxyd, welches aus Lösungen durch Ammoniak gefällt wird. Die mikroskopische Prüfung ergab eine Zusammensetzung aus kleinsten Körnchen, Blättchen und Fasern. Die Säure ließ sich nur schwer auswaschen und gab beim Eintrocknen eine Haut, welche peripherische Risse zeigte. Bei täglich einmaliger Wägung wurden folgende Zahlen erhalten:

3358	2031	1248	768	706	703
1327	783	480	62	3	

Hier ist $g_2 = 1248$, $a = 783$, $b = 480$, $c = 62$ und es berechnet sich

$$G = 1248 - 454 = 794.$$

Der Glühverlust beim Gewichte 703 betrug 125. Demnach ergibt sich für den Wassergehalt beim Knickpunkte

$$W = \frac{125 + 794 - 703}{794} = 27 \cdot 20\%.$$

Dieses Resultat ist verschieden von demjenigen, welches der Serpentin ergab, daher zur Bestätigung desselben noch

Digitized by Google

fernere Versuche angestellt wurden. Der eine lieferte bei täglich einmaliger Wägung

3006	2177	1424	984	941	932
829	753	440	43	9	

Da $g_2 = 1424$, $a = 753$, $b = 440$, $c = 43$, so wird erhalten

$$G = 1424 - 421 = 1003$$

und da der Glühverlust beim Gewichte 932 zu 206 bestimmt wurde,

$$W = \frac{206 + 1003 - 932}{1003} = 27 \cdot 62\,\%.$$

Eine fernere Beobachtung ergab $27 \cdot 80\,\%$.

Hiernach besteht kein Zweifel darüber, daß der aus dem Chrysotil dargestellten Säure ein anderer Wassergehalt zukommt als der Säure, welche der Serpentin liefert.

Die Dichte der Säure wurde zu 1·725 bei 17° bestimmt. Die eben über den Knickpunkt getrocknete Säure wird durch Methylenblau berlinerblau gefärbt. Bei der Behandlung der frisch dargestellten Säure mit einer geringeren Menge von Natronlauge, als zur völligen Auflösung erforderlich ist, entstand eine Lösung, aus welcher $SiO_2 = 378$ *mg* gegen $NaCl = 351$ *mg* erhalten wurden, was dem Verhältnis $Si_{1 \cdot 94}Na_1$ entspricht.

Die neue, dem Chrysotil zu Grunde liegende Kieselsäure, welche als Chrysotilsäure bezeichnet sei, liefert das Verhältnis Si_4H_{10}, wonach derselben die Zusammensetzung

$$Si_4O_{13}H_{10}$$

zukommt, welche $27 \cdot 16\,\%$ Wasser fordert.

Wenn der Chrysotil von dieser Säure abzuleiten ist, so kommt demselben eine höhere Zusammensetzung zu, als bisher angenommen wurde und die Formel wäre $Si_4O_{18}Mg_6H_8$ zu schreiben. Die Struktur der Verbindung ist so zu deuten, daß ein Teil des Magnesiums mit Hydroxyl verbunden erscheint. Dies führt zunächst auf die unsymmetrische Struktur $Si_4O_{13}Mg(MgOH)_5H_3$. Wenn aber auf die Bildung aus Olivin

Digitized by Google

Rücksicht genommen wird, welcher nach Tschermak's Untersuchungen ein Metasilikat von der Zusammensetzung SiO_3MgOMg ist, so erscheint es naheliegend, auch im Chrysotil die Gegenwart einer zweiwertigen Gruppe MgOMg anzunehmen, wonach sich die symmetrische Struktur $Si_4O_{13}(MgOMg).(MgOH)_4H_4$ ergibt. Nach dieser Auffassung würde hier ein noch unverletztes Erbstück an den Vorfahren erinnern.

Für die Struktur der Chrysotilsäure ist von den zwei möglichen Fällen derjenige zu wählen, welcher eine paarige Anordnung von Wasserstoffatomen darbietet nach dem Bilde:[1]

$$H_3{\equiv}Si-Si-Si-Si{\equiv}H_3$$
$$\quad\quad\quad

Die Dichte wurde zu 2·587 bestimmt. Es ergab sich folgende Zusammensetzung:

		Berechnet	Prior
Siliciumoxyd.....	44·75	43·47	44·73
Aluminiumoxyd	0·11	—	0·32
Eisenoxydul.....	0·27	—	0·33
Magnesiumoxyd.....	42·27	43·57	42·64
Calciumoxyd	0·38	—	Spur
Wasser	12·89	12·96	12·21
	100·67	100·00	100·23

Meine Resultate stimmen mit den von Prior erhaltenen überein. Der Vergleich mit den aus der Formel $Si_2O_9Mg_3H_4$ berechneten Zahlen läßt ein Plus an Silicium erkennen, während die gefundene Menge des Magnesiums gegen die berechnete etwas zurückbleibt. Wird eine Beimischung von Quarz oder Opal angenommen, so ergeben sich für diese ungefähr 2% SiO_2.

Die Zersetzung des Mineralpulvers durch Salzsäure geht etwas schwerer von statten als die des dichten Serpentins, das Ergebnis ist jedoch das gleiche. Von dem ursprünglich vorhandenen Silicium gingen dabei 2·8% in scheinbare Lösung über. Die erhaltene Kieselsäure liefert ein Pulver, welches aus isotropen Splittern von der Form der ursprünglichen Teilchen besteht. Nach dem Trocknen über den Knickpunkt hinaus mit Methylenblau zusammengebracht, wird dieselbe berlinerblau gefärbt.

Beim Eintrocknen wurden bei täglich einmaliger Wägung folgende Zahlen erhalten:

3290	2299	1355	1281	1264	1249
991	944	74	17	15	

Hier ist $g_2 = 1355$, $a = 944$, $b = 74$, $c = 17$ und es ergibt sich für das Gewicht beim Knickpunkt

$$G = 1355 - 58 = 1297.$$

Der Glühverlust beim Gewicht 1249 betrug 245·6. Hiernach berechnet sich der Wassergehalt der Säure beim Knickpunkt:

$$W = \frac{245{\cdot}6 + 1297 - 1249}{1297} = 22{\cdot}64\%.$$

Digitized by Google

Diese Zahl stimmt mit der für das Verhältnis $Si_2O_6H_4$ berechneten von 22·98% nahe überein, bleibt jedoch dieser gegenüber um etwas zurück. Wird in dem Mineral eine Beimengung von 2% SiO_2 angenommen, so ergibt sich für die daraus erhaltene Säure samt dieser Beimengung der Wassergehalt von 22·20%.

Die Dichte der Säure beim Knickpunkt wurde zu 1·820 bestimmt. Diese Zahl ist höher als die für die Serpentinsäure gefundene. Der Grund hiefür ist der eben angeführte.

Als die frisch bereitete gereinigte Säure mit Natronlauge in solchem Verhältnis zusammengebracht wurde, daß ein Teil der Säure ungelöst blieb, wurde nach 3 Tagen eine klare Lösung erhalten, die 532 *mg* SiO_2 gegen 522 *mg* NaCl lieferte, was dem Verhältnis $Si_1Na_{1·01}$ entspricht.

Nach dem Überschreiten des Knickpunktes spaltet die Säure durch einige Zeit Wasser ab, doch wird das Gewicht nach ungefähr 2 Wochen konstant. Für diesen Zustand wurde der Wassergehalt in zwei Versuchen zu 13·40% und 13·48% bestimmt, wonach die Säure nunmehr die Zusammensetzung $Si_2O_5H_2$ besitzt, für welche sich ein Wassergehalt von 13% berechnet.

Als ein blätteriger Serpentin wird auch der Antigorit angesehen. Untersucht wurde eine Probe des bekannten Vorkommens aus dem Antigoriotale in Piemont, welche eine dünnschieferige Struktur und hell lauchgrüne Farbe zeigte. Bei der mikroskopischen Prüfung wurde eine Zusammensetzung aus kleinen, schwach doppelbrechenden Schüppchen erkannt, die optisch zweiachsig sind. Das schon von Haidinger beschriebene Verhalten, nach welchem die Platten des Minerals ziemlich einheitliche Auslöschung und bei schiefer Durchsicht einen deutlichen Dichroismus zeigen, wurde auch hier beobachtet. Neben den grünen Schüppchen wurden auch sehr wenige, äußerst dünne Lagen eines fast farblosen, optisch isotropen Gemengteils wahrgenommen. Das Mineral ist demnach nicht ganz homogen.

Beim Zerreiben zeigten sich in dem noch gröblichen Pulver neben unregelmäßig geformten Partikeln auch einige wenige Blättchen von regelmäßig sechsseitigem Umriß mit

Digitized by Google

Sprüngen parallel den Seitenkanten. Sie verhielten sich wie Kristalle, erwiesen sich optisch zweiachsig negativ mit ziemlich kleinem Winkel der optischen Achsen, die Achsenebene parallel einem Paare der Seitenkanten. Die Blättchen entsprechen demnach einem Orthochlorit der serpentinreichen Anfangsglieder.

Die Dichte wurde zu 2·617 bestimmt und die Zusammensetzung:

Siliciumdioxyd	41·40
Aluminiumoxyd	1·45
Eisenoxyd	3·06
Eisenoxydul.....	3·84
Magnesiumoxyd	37·01
Calciumoxyd	0·72
Wasser	13·27
	100·75

Die Analyse läßt erkennen, daß dieser Antigorit zum größeren Teile aus Serpentin besteht, jedoch deutet die erhebliche Menge der Oxyde des Typus R_2O_3 darauf hin, daß derselbe schon zum Orthochlorit zu zählen ist. Betrachtet man das Mineral als homogen, so würde sich nach Tschermak's Theorie eine Mischung aus ungefähr 10% Amesitsubstanz und 90% Serpentinsubstanz berechnen.

Das feine Pulver wird durch Salzsäure nach etwa 12 Tagen vollständig zersetzt, wobei 3·3% des Siliciums in scheinbare Lösung gehen. Die erhaltene Säure besteht aus isotropen Splittern von den Formen des ursprünglichen Pulvers. Sie ergab beim Trocknen und bei täglich einmaliger Wägung die Zahlen:

4782	3034	1912	1125	1072	1066
1748	1122	787	53	6	

Hier ist $g_2 = 1125$, $a = 787$, $b = 53$, $c = 6$ und es berechnet sich

$$G = 1125 - 47 \cdot 4 = 1077 \cdot 6.$$

Der Glühverlust beim Gewicht 1066 betrug 234, wonach

$$W = \frac{234 + 1077 \cdot 6 - 1066}{1077 \cdot 6} = 22 \cdot 79\%.$$

Digitized by Google

Der Versuch mit einer anderen Probe gab jedoch keine Übereinstimmung und führte auf 25·49% Wasser. In beiden Fällen wurde durch Behandeln mit Methylenblau eine tief berlinerblaue Farbe erhalten. Daß die Resultate nicht übereinstimmen, hier, wo eine Mischung verschiedener Substanzen vorliegt, erscheint nicht überraschend, doch kann man aus den erhaltenen Zahlen schließen, daß der Antigorit vorherrschend aus Serpentinsubstanz besteht. Die bei einem Versuch erhaltene höhere Zahl für den Wassergehalt und die dunklere Färbung der Säure führen aber zu der Vermutung, daß auch eine variable Menge einer anderen Kieselsäure beigemischt ist.

Die beiden untersuchten Blätterserpentine, der Bowenit und der Antigorit, sind nicht vollkommen rein, doch ergibt sich aus den Zahlen, welche für die Kieselsäure des ersteren, reineren Minerals erhalten wurden, und aus deren Beschaffenheit, daß der blätterige Serpentin von derselben oder einer ähnlichen Kieselsäure abzuleiten ist wie der dichte Serpentin. Für die Säure des letzteren wurde vorläufig die Formel $Si_2O_6H_4$ abgeleitet.

Vergleichung der Ergebnisse.

Die drei vorher genannten Minerale, der Chrysotil, der blätterige und der dichte Serpentin, zeigen bei gleicher prozentischer Zusammensetzung verschiedene Eigenschaften. Daß dem auch ein chemischer Unterschied entspricht, geht aus den früher angeführten Versuchen hervor.

Die physikalische Verschiedenheit des Chrysotils und des Serpentins bei gleicher empirischer Zusammensetzung hat schon Weinschenk dazu geführt,[1] eine Dimorphie zu vermuten. Da jedoch, wie sich nun herausgestellt hat, Chrysotil und Serpentin substanziell verschieden sind, läßt sich hier der Ausdruck Dimorphie wohl nicht anwenden.

Daß der Chrysotil vom Serpentin optisch verschieden ist, hat sich schon aus den Untersuchungen von Websky,[2]

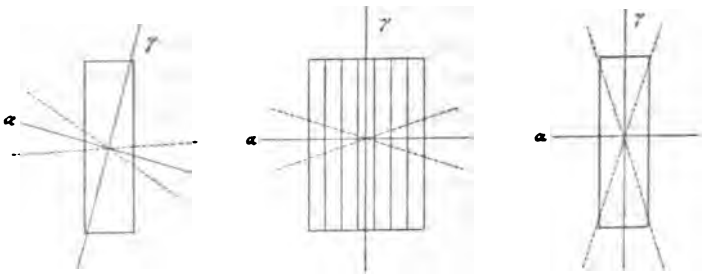
[1] Zeitschrift für Krist., Bd. 25, p. 481 (1896).

[2] Zeitschrift der Deutschen geolog. Ges., Bd. 10, p. 281 (1858).

Digitized by Google

Reusch,[1] Brauns,[2] Lacroix[3] ergeben und die von Prof. F. Becke an dem zur chemischen Analyse verwendeten Material vorgenommene Prüfung hat dieses Resultat bestätigt.

Die physikalischen Unterschiede, welche die drei untersuchten Serpentinminerale darbieten, werden durch den folgenden Vergleich deutlich gemacht.



	Dichter Serpentin	Bowenit	Chrysotil
Auslöschung	schief	gerade	gerade
Doppelbrechung	negativ	negativ	positiv
$2V$	40° bis 50°	nicht groß	50° bis 40°
Dispersion	$\rho < v$	—	unmerklich
$\gamma - \alpha$	0·006	0·004	0·013
Für	blau > rot	blau > rot	blau > rot
Mittlerer Brechungsq.	1·555	1·564	1·540
Dichte	2·565	2·587	2·520

Während die Fasern des Chrysotils ungefähr wie optisch positive rhombische Kristalle sich verhalten, hat der blätterige optisch negative Serpentin große Ähnlichkeit mit Orthochlorit und die Blättchen dürften dem monoklinen System angehören. Der dichte Serpentin hat eine wirrfaserige Textur und seine optischen Eigenschaften lassen auf ein monoklines oder trikline System schließen. In allen seinen physikalischen Eigen-

[1] Pogg. Annalen, Bd. 127, p. 166 (1866).
[2] Jahrb. für Mineralogie, 5. Beilageband, p. 275 (1887).
[3] Michel Lévy et A. Lacroix, Les minéraux des roches, p. 278 (1888).

Digitized by Google

schaften ergeben sich wenn auch geringe Unterschiede gegenüber dem blätterigen Serpentin. In chemischer Beziehung ist der Chrysotil von den beiden anderen Mineralen stark verschieden. Seine Zusammensetzung leitet sich von der Chrysotilsäure $Si_4O_{13}H_{10}$ ab, wonach die summarische Formel des Chrysotils $Si_4O_{18}Mg_6H_8$ zu schreiben ist und die rationelle Zusammensetzung durch die symmetrische Formel $Si_4O_{13}.(MgOMg)(MgOH)_4H_4$ ausgedrückt werden kann.

Aus den beiden untersuchten Serpentingattungen wurde eine andere Säure, die Serpentinsäure, erhalten, für welche einstweilen die Formel $Si_2O_6H_4$ aufgestellt wurde, wonach die summarische Formel der Serpentine $Si_2O_9Mg_3H_4$ wäre.

Die Chrysotilsäure und die Serpentinsäure zeigen in Bezug auf die Löslichkeit in Salzsäure und ihre Färbung durch Methylenblau große Ähnlichkeit. Wären ihre Molekulargewichte so verschieden, wie dies oben angenommen wurde, so müßte sich nach den bisherigen Erfahrungen in diesem Verhalten ein merklicher Unterschied zeigen, daher es wahrscheinlich ist, daß auch der Serpentinsäure die höhere Zusammensetzung $Si_4O_{12}H_8$ zukommt. Dafür spricht auch die Beobachtung des gleichzeitigen Entstehens von dichtem Serpentin und von Chrysotil aus Olivin. Denn die Pseudomorphosen von Serpentin nach Olivin von Snarum bestehen aus dichtem Serpentin, in welchem feine Adern von Chrysotil verstreut vorkommen.

Wird nun für die Chrysotilsäure die Zusammensetzung $Si_4O_{13}H_{10}$, für die Serpentinsäure die Zusammensetzung $Si_4O_{12}H_8$ angenommen, so erhalten sowohl der Chrysotil wie der Serpentin die summarische Formel $Si_4O_{18}Mg_6H_8$ und damit wäre der erste Fall von Isomerie an Mineralen erkannt.

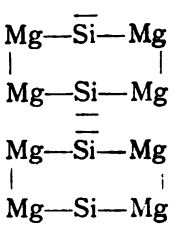
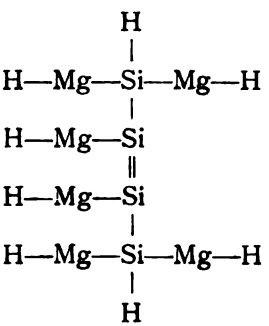
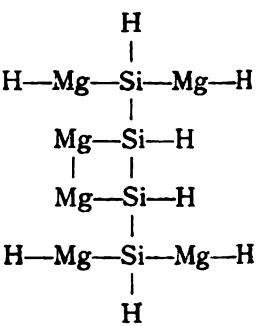
Der dichte und der blätterige Serpentin verhalten sich in physikalischer Beziehung nicht gleich. Außer diesen beiden sind aber noch andere Serpentingattungen bekannt, der Marmolith, Pikrolith, Thermophyllith, welche bei gleicher empirischer Zusammensetzung von den vorigen und untereinander verschieden erscheinen.

Dies deutet auf eine größere Mannigfaltigkeit, in diesem Falle auf die Existenz mehrerer Serpentinsäuren von gleicher empirischer Zusammensetzung. Da nun die Kieselsäure $Si_4O_{12}H_8$

Digitized by Google

eine größere Zahl, nämlich acht Isomere umfaßt, so dürften die vorher genannten Minerale von verschiedenen isomeren Arten dieser Kieselsäure abzuleiten sein. Welche derselben jeder einzelnen Serpentingattung zukommt, wird sich erst durch künftige Untersuchungen bestimmen lassen.

Von der Bildungsweise der Serpentine ist nur jene durch Umbildung des Olivins genauer bekannt. Die Konstitution des letzteren wurde schon früher angeführt, auch bemerkt, daß Chrysotil und Serpentin gleichzeitig aus Olivin entstehen. Wird nun für einen solchen Serpentin eine der symmetrischen Strukturen angenommen, so ergibt der Vergleich von 2 Molekeln Olivin mit den daraus gebildeten Produkten die folgende Übersicht:

Olivin	Serpentin	Chrysotil
$Si_2O_6(MgOMg)_2$	$Si_4O_{12}(MgOH)_6H_2$	$Si_4O_{13}(MgOMg)(MgOH)_4H_4$
		

Daraus ist zu ersehen, wie durch Austritt von 2MgO und die Hydratbildung eine gegenseitige Bindung der Si-Atome durch Sauerstoff eintritt.

Heulandit.

Dieser Zeolith war in letzter Zeit oft Gegenstand physikalisch-chemischer Untersuchungen, insbesondere wurden durch Rinne die Veränderungen studiert, welche der Heulandit bei Abgabe von Wasser erleidet.[1] Derselbe zeigte, daß Heulanditblättchen beim Erwärmen durchsichtig bleiben und dabei ihre

[1] Jahrbuch für Min., 1896, Bd. I, p. 139, und 1899, Bd. I, p. 1.

Digitized by Google

optische Orientierung mehrmals wechseln, während gleichzeitig der Wassergehalt allmählich abnimmt, in der Weise, daß die Änderungen im Wassergehalte mit den Änderungen des optischen Verhaltens gesetzmäßig verknüpft erscheinen. Die veränderten Blättchen (Metaheulandite) sind demnach als homogene Pseudomorphosen zu betrachten, in denen trotz des Wasserverlustes keine direkt erkennbaren Poren entstehen und ein solcher Zusammenhang der Teilchen erhalten bleibt, daß die Pseudomorphosen sich optisch ähnlich wie Kristalle verhalten. Rinne bezeichnet den gesamten Wassergehalt als Kristallwasser und glaubt ebenso wie Tammann das Verhältnis desselben zu der übrigen Verbindung als das einer festen Lösung betrachten zu sollen.

Die Zeolithe verhalten sich demnach verschieden von anderen kristallwasserhaltigen Salzen, z. B. $BaCl+2H_2O$ oder Kupfervitriol $CuSO_4+5H_2O$, welche bei Erwärmen stufenweise Wasser abgeben, indem je 1 oder 2 Molekel Wasser austreten, während dessen die Temperatur (Siedetemperatur) konstant bleibt und die Kristalle sich trüben.

Die kontinuierliche Wasserabgabe bei der Erwärmung und die Wiederaufnahme des Wassers an der Luft, wofern der Zeolith nicht zu stark erhitzt worden, wurde wie am Heulandit so auch an anderen Zeolithen beobachtet und zugleich wahrgenommen, daß der Wassergehalt dieser Minerale nicht nur von der Temperatur, sondern auch von dem Feuchtigkeitsgrade der sie umgebenden Luft abhängt. G. Friedel glaubt daher, daß hier kapillare Erscheinungen eine Rolle spielen.[1] Tammann, der viele Zeolithe untersuchte, fand ebenfalls,[2] daß der Dampfdruck der Zeolithe abhängig sei vom Wassergehalte der Substanz und folglich umgekehrt dieser von der Feuchtigkeit der Umgebung.

Das Verhalten der Zeolithe wird etwas weniger rätselhaft, wenn auch die Beobachtungen von van Bemmelen[3] in Betracht gezogen werden, nach welchen das Gel der Kieselsäure

---

[1] Bull. soc. Min., Bd. 19, p. 94 und 363 (1896), ferner Bd. 21, p. 5 (1898).

[2] Ann. der Physik von Wiedemann, Bd. 63, p. 16 (1897).

[3] Zeitschrift für anorgan. Chemie, Bd. 13, p. 269 (1896).

Digitized by Google

(Orthokieselsäure, Metakieselsäure) dieselbe Kontinuität der Wasserabgabe zeigt, nach Tammann auch der Opal, ohne daß jedoch hier der Vorgang umkehrbar wäre. Wenn ferner auf eine Bemerkung Tschermak's Rücksicht genommen wird,[1] nach welcher alle Zeolithe als Verbindungen eines normalen Silikates mit Siliciumhydroxyd betrachtet werden können. Wie dies aufzufassen sei, zeigt die wahrscheinliche Struktur des Natroliths, der nach Tschermak von der Orthokieselsäure abzuleiten ist:[2]

$$H_2=Si=Al-\underset{\underset{Na_2}{\|}}{Si}-Al=Si=H_2.$$

Die Zeolithe erscheinen nach diesem Beispiel als saure Salze und in den kristallisierten Zeolithen verhalten sich die Gruppen der Siliciumhydroxyde einerseits wie das Gel einer Kieselsäure, andrerseits sind dieselben mit dem übrigen Silikat verknüpft und teilen mit diesem die Orientierung im Kristalle. Bei der Erwärmung scheiden diese allmählich Wasser ab, zugleich tritt aber auch allfällig vorhandenes Kristallwasser aus. Die Stufen dieser letzteren Wasserabgabe werden durch den ersten Vorgang verwischt.

Die Frage nach der Struktur der Verbindungen, welche die Zeolithe zusammensetzen, ist demnach sowohl in chemischer als in physikalischer Beziehung von großem Interesse. Es erschien daher lohnend, einen Beitrag zur Lösung derselben zu liefern und dazu den Heulandit zu wählen, dessen chemische Konstitution durch Darstellung der entsprechenden Kieselsäure aufgeklärt werden kann.

Als Material für meine Untersuchung diente Heulandit vom Berufjord auf Island, welcher schon mehrmals analysiert wurde. Das vorliegende Mineral besteht aus großen, weißen Kristallen, die sich in vollkommen durchsichtige Blättchen zerteilen lassen. Der Heulandit wurde in vollkommen lufttrockenem

---

[1] Lehrbuch der Mineralogie, 1. Aufl., p. 483 (1884), und in den späteren Auflagen.

[2] Diese Sitzungsberichte, Bd. 114, Abt. I, p. 455 (1905).

Digitized by Google

Zustand angewandt und ergab die Dichte 2·104 und die Zusammensetzung:

		Berechnet
Siliciumdioxyd	58·03	57·65
Aluminiumoxyd.....	15·97	16·25
Eisenoxyd	0·13	—
Calciumoxyd	7·93	7·81
Magnesiumoxyd	0·07	—
Natriumoxyd	0·95	0·83
Kaliumoxyd	0·66	0·62
Wasser.....	16·78	16·84
	100·52	100·00

Außerdem wurden sehr geringe Mengen von Baryum, Strontium, Lithium nachgewiesen. Die empirische Formel aufzustellen ist insoferne schwierig, als eine isomorphe Mischung von wesentlich drei Verbindungen: einer Ca-haltigen, einer Na- und einer K-haltigen, vorliegt und das Mischungsgesetz nicht genauer bekannt ist. Da jedoch hier und in allen Heulanditen gleicher Zusammensetzung das Verhältnis von Si zu Al sehr nahe 6 : 2 ist, so ist anzunehmen, daß dieses für alle drei isomorphen Silikate gilt. Was die übrigen Metallatome betrifft, so darf auf die von Tschermak aufgestellte Regel[1] hingewiesen werden, nach welcher in den Calciumverbindungen der isomorphen Zeolithe die Gruppe CaH_2O_2 gegenüber der in den anderen Verbindungen vorkommenden Gruppe Na_2O oder K_2O enthalten ist, wonach das Na- oder K-Silikat um H_2O weniger aufweist als das Ca-Silikat.

Demnach wäre für das Calciumsilikat die Formel

$$Si_6O_{22}Al_2CaH_{12}$$

anzunehmen und für die beiden Alkaliverbindungen zu schreiben:

$$Si_6O_{21}Al_2Na_2H_{10}$$
$$Si_6O_{21}Al_2K_2H_{10}.$$

[1] Lehrbuch der Mineralogie, 6. Aufl., p. 563 (1905).

Digitized by Google

Nach diesen ist die Zusammensetzung des Heulandits berechnet, wobei das Molekularverhältnis der drei Verbindungen zu 21 : 2 : 1 vorausgesetzt wurde.

Durch Salzsäure wird der Heulandit bei Zimmertemperatur nach wenigen Tagen vollkommen zersetzt und die Kieselsäure bleibt pulverförmig zurück. Sie besteht aus isotropen Splittern von den Formen des ursprünglichen Pulvers. Bei der Zersetzung wird ein kleiner Teil des gesamten Siliciums (weniger als 3%) in scheinbare Lösung übergeführt. Die erhaltene Kieselsäure lieferte beim Trocknen und täglich einmaliger Wägung die Zahlen:

3899	2840	1823	1012	996	994
1059	1017	811	16	2	

wonach sich, da $g_2 = 1823$, $a = 1017$, $b = 811$, $c = 16$, das Gewicht beim Knickpunkte berechnet:

$$G = 1823 - 807 \cdot 7 = 1015 \cdot 3.$$

Der Glühverlust beim Gewichte 994 betrug 187·5 und es ergibt sich der Wassergehalt der Säure beim Knickpunkte

$$W = \frac{187 \cdot 5 + 1015 \cdot 3 - 994}{1015 \cdot 3} = 20 \cdot 51\%.$$

Zwei fernere Versuche lieferten die Zahlen 19·56 und 19·69%. Diese Resultate lassen erkennen, daß eine Säure von der Zusammensetzung

$$Si_6O_{17}H_{10}$$

vorliegt, welche 19·91% Wasser fordert. Diese Kieselsäure soll als Heulanditsäure bezeichnet werden.

Durch Methylenblau wird die fast lufttrockene Säure hell berlinerblau gefärbt. Die frischbereitete Säure wurde durch drei Tage bei gewöhnlicher Temperatur mit einer zur Auflösung nicht hinreichenden Menge von Natronlauge behandelt. Es entstand oberhalb eine klare Lösung, welche 278 *mg* SiO_2 gegen 274 *mg* NaCl ergab, was dem Verhältnisse $Si_1 : Na_{1 \cdot 018}$

Digitized by Google

entspricht. Die Heulanditsäure ist ziemlich hoch zusammengesetzt und es läßt sich die Formel nicht auf kleinere Ziffern bringen, außer man wollte die bis jetzt durch nichts begründete Ansicht aufstellen, daß die erhaltene Säure aus zwei oder drei niedriger zusammengesetzten Verbindungen bestehe. Dann wäre der Heulandit als eine Molekularverbindung aufzufassen, die aus einem Silikat und einer oder zwei freien Kieselsäuren besteht. Für eine solche Annahme liegt aber Tatsächliches nicht vor.

Die Gliederung, welche der Heulanditsäure zukommt, läßt sich vorläufig nicht bestimmen. Erst wenn eine größere Zahl von Zeolithen in gleicher Weise geprüft sein wird, dürfte sich ein Schluß auf den Bau dieser Verbindungen ergeben.

Über den Charakter der Verbindung, welche im Heulandit vorliegt, läßt sich jetzt nur insoferne Bestimmtes aussagen, als die beiden Grenzen ermittelt werden, innerhalb deren sich die hier möglichen Annahmen bewegen.

Faßt man den ersten Fall ins Auge und vergleicht man die Zusammensetzung der Säure $Si_6O_{17}H_{10}$ mit der empirischen Formel des Heulandits $Si_6O_{22}Al_2CaH_{12}$, so zeigt sich, daß, wofern die Atome Al_2Ca ohne gegenseitige Bindung, also zusammen achtwertig angenommen werden, der Heulandit

$$Si_6O_{17}Al_2CaH_2+5H_2O$$

zu schreiben wäre, wonach mit dem Silikat 5 Molekel Kristallwasser verbunden erscheinen. Dem entsprechen 14% Kristallwasser.

Nach Rinne's Versuchen entweicht das Wasser des Heulandits bei steigender Temperatur kontinuierlich und sein Verlust beträgt 14% bei ungefähr 400°, während Verbindungen wie $BaCl_2+2H_2O$ und $CuSO_4+5H_2O$ das Wasser stufenweise und in seinem gesamten Betrage bei Erwärmung bis 162° und 258° verlieren.

Die Formel $Si_6O_{17}Al_2CaH_2+5H_2O$ kann also nicht den Zustand des Heulandits bei gewöhnlicher Temperatur darstellen, weil dieser das Wasser abgibt, ohne daß dabei mehrere Abstufungen (Siedepunkte) zu erkennen wären.

Digitized by Google

Das zweite Extrem wäre damit erreicht, daß die größte Menge Wasserstoff angegeben wird, welche in dem Silikat enthalten sein kann. Dieser Fall tritt ein, wenn das Vorhandensein der zweiwertigen Gruppe HOAlOCaOAlOH angenommen und infolgedessen die Formel des Heulandits

$$Si_6O_{17}H_2O_2Al_2O_2CaH_8+H_2O$$

geschrieben wird, welcher $2 \cdot 8\%$ Kristallwasser entsprechen.

Die Temperatur, bei welcher nach Rinne diese Quantität Wasser entweicht, beträgt ungefähr 90°. Die letztere Formel würde den ursprünglichen Zustand des Heulandits einwandfrei darstellen, weil dieser nur bei ungefähr 100° einen wenn auch undeutlichen Siedepunkt des enthaltenen Wassers erkennen läßt.

Zwischen den beiden so bestimmten Grenzen liegt eine Zusammensetzung des Heulandits, welche auch eine bestimmte Deutung zuläßt. Wenn angenommen wird, daß die vierwertige Gruppe AlOCaOAl vorhanden sei, so ergibt sich die Formel

$$Si_6O_{17}Al_2O_2CaH_6+3H_2O,$$

welcher $8 \cdot 4\%$ Kristallwasser entsprechen. Dieser Betrag der Wasserabgabe wird bei ungefähr 230° erreicht. Aus dem früher angeführten Grunde, daß bei dieser Temperatur kein stationärer Zustand, kein Siedepunkt beobachtet wurde, kann diese Quantität Kristallwasser in dem ursprünglichen Mineral nicht angenommen werden.

Nach dieser Prüfung der Zusammensetzung unter Berücksichtigung des Verhaltens bei Erhöhung der Temperatur ergibt sich die folgende Deutung:

Der Heulandit hat im lufttrockenen Zustande die Zusammensetzung:

$$Si_6O_{17}H_2O_2Al_2O_2CaH_8+H_2O.$$

Bei ungefähr 90° beginnt eine merkliche Abgabe von Kristallwasser, zugleich auch von chemisch gebundenem Wasser des Silikates, so daß der Siedepunkt des Kristallwassers sich etwas verwischt. Nunmehr entweicht bei der ferneren Erwärmung allmählich das chemisch gebundene Wasser und bei

Digitized by Google

ungefähr 230° hat der Rückstand eine Zusammensetzung, die als

$$Si_6O_{17}Al_2O_2CaH_6$$

gedeutet werden kann. Bei steigender Temperatur dauert die allmähliche Abgabe des chemisch gebundenen Wassers fort, bis der Rückstand bei ungefähr 400° die Zusammensetzung

$$Si_6O_{17}Al_2CaH_2$$

besitzt. Bis dahin könnte die Zusammensetzung des Rückstandes noch von der Kieselsäure $Si_6O_{17}H_{10}$ abgeleitet werden, was Gegenstand später auszuführender Versuche sein wird. Wenn es sich bestätigt, so wäre damit die Erscheinung der Wiederaufnahme des Wassers in feuchter Luft der Erklärung näher gerückt.

Beim Erhitzen über 400° wird der Bau des Silikates jedenfalls zerstört.

Nun noch eine Bemerkung bezüglich der Zusammensetzung des Heulandits bei gewöhnlicher Temperatur und Feuchtigkeit. Die Veränderlichkeit des Wassergehaltes der Zeolithe bei gleichbleibendem äußeren Ansehen hat bei manchen Forschern die Ansicht hervorgerufen, daß für diese eine bestimmte Zusammensetzung nicht angegeben werden könne. Für Heulandit trifft dies jedoch nicht zu, da derselbe nach Rinne's Versuchen bei gewöhnlicher Temperatur umgeben von Wasserdampf nach 114 Stunden bloß 1·08% Wasser annimmt, was die Richtigkeit der oben angeführten Formel nicht berührt.

Zersetzung des Heulandits durch Wasser.

Bei dem Versuch, aus Heulanditpulver die feinsten Teilchen abzuschlämmen, wurde die Beobachtung gemacht, daß diese in Berührung mit Wasser in wenigen Wochen eine deutliche Quellung zeigen und sich nicht mehr wie das ursprüngliche Pulver verhalten. Es gelang aber nicht, die veränderten Teilchen abzusondern, weil diese immer mit etwas größeren unveränderten Partikeln vermengt blieben.

Um den Vorgang der hier eintretenden Umwandlung so weit als tunlich zu verfolgen, wurden 2·3 *g* des feinen Pulvers

Digitized by Google

mit einer größeren Menge Wassers unter wiederholter Erneuerung des letzteren durch 4 Monate in Berührung gelassen. Das feinste Pulver setzte sich auch nach längerem Stehen nicht vollständig ab, vielmehr blieb die darüberstehende Flüssigkeit immer etwas trübe durch schwebende veränderte und unveränderte Teilchen. Der Bodensatz wurde schließlich dem allmählichen Eintrocknen bei gleichbleibender gewöhnlicher Temperatur überlassen und täglich gewogen. Es ergab sich eine Gewichtskurve ohne deutlichen Knickpunkt. An der Oberfläche hatte sich eine etwas gallertige Schicht gebildet, welche nach dem Eintrocknen glänzend und glasig erschien mit allmählichem Übergang in die untere pulverige Masse. Das Ganze wurde, nachdem das Gewicht konstant geworden, der Analyse unterzogen, deren Ergebnis unter II angeführt ist, während die Analyse des frischen Heulandits unter I wiederholt wird.

	I	II	H—I
Siliciumdioxyd	58·03	57·10	—0·93
Aluminiumoxyd.....	15·97	16·06	+0·09
Eisenoxyd	0·13		
Calciumoxyd.....	7·93	6·65	—1·28
Magnesiumoxyd	0·07		
Natriumoxyd.....	0·95	0·69	—0·26
Kaliumoxyd.....	0·66	0·29	—0·37
Wasser	16·78	19·30	+2·52
	100·52	100·09	

Aus dem Vergleich ergibt sich, daß eine Aufnahme von Wasser stattgefunden hat, während Calcium ausgeschieden wurde, in geringerem Betrag auch Alkalien. Um eine vollständige Übersicht zu erhalten, hätte auch die entstandene Lösung untersucht werden müssen, was jedoch hier wegen der suspendierten Teilchen nicht zu dem gewünschten Ziele geführt haben würde.

Es besteht aber kein Zweifel darüber, daß der Heulandit durch eine größere Wassermenge zersetzt wird und dieses dürfte wohl auch für die übrigen Zeolithe gelten.

Digitized by Google

Für die Bildung der Zeolithe würde daraus folgen, daß diese nicht aus sehr verdünnten, sondern aus ziemlich konzentrierten Lösungen sich absetzen.

Vorstehende Arbeit wurde in dem Laboratorium des Hofrates E. Ludwig und jenem des Hofrates G. Tschermak ausgeführt. Beiden Herren sowie Herrn Prof. F. Becke bin ich für die gütige und bereitwillige Förderung meines Unternehmens zu großem Danke verpflichtet.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Silikatschmelzen

(IV. Mitteilung)

von

C. Doelter,

k. M. k. Akad.

(Mit 2 Tafeln und 6 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. April 1906.)

Durch Unterstützung der kaiserlichen Akademie war ich in die Lage versetzt, meine Untersuchungen fortzusetzen. Diese Mitteilung enthält 1. Untersuchungen über die Schmelzpunkte natürlicher Feldspate, 2. die Schmelzkurve der Augit-Labradoritmischungen, 3. Bestimmung eutektischer Punkte von Gemengen von zwei und drei Komponenten und Beobachtungen über Ausscheidungsfolge.

I. Die Schmelzpunkte der Feldspate.

Nirgends sind vielleicht die Unterschiede, die verschiedene Beobachter erhielten, so groß wie bei dieser Gruppe von Mineralien, was zum Teil damit zusammenhängt, daß der Begriff Schmelzpunkt von verschiedenen Forschern verschieden aufgefaßt wird. Der Punkt völliger Flüssigkeit liegt bei manchen 50 bis 100° höher als derjenige Punkt, bei welchem beide Phasen, flüssige und feste, noch vorhanden sind. Unterschiede zeigen sich selbstverständlich aus anderen Ursachen bei künstlichen und natürlichen Verbindungen.[1]

A. Day und E. T. Allen haben in einer Arbeit über Isomorphismus und thermische Eigenschaften[2] der Feldspate für

---

[1] Vergl. Die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen, p. 5.

[2] Washington, 1905, und Zeitschrift für physik. Chemie, *54*, Heft I, 1906.

Digitized by Google

die künstlich dargestellten Plagioklase ganz ungewöhnlich hohe Zahlen, die nämlich zwischen 1532° für Anorthit, 1463° für Labradorit und 1225° für Albit schwanken, gefunden. Ich verweise für die Details auf diese Arbeit.

Da ich nun sehr oft Messungen nach verschiedenen Methoden mit natürlichen Feldspaten unternommen und dabei viel niedrigere Temperaturen erhalten hatte, da ich ferner, auf eine zwanzigjährige Erfahrung gestützt, weiß, daß die Feldspate, wenigstens die natürlichen, nicht schwer schmelzen, denn ich habe alle in meinem Fourquignongasofen zum Schmelzen gebracht, in welchem ein beschickter Tiegel niemals mehr als den Schmelzpunkt des Nickels, zirka 1420°, erreichte, so war es mir von Interesse, den Grund der Abweichungen zu erfahren.

Vor allem ist allerdings hervorzuheben, daß ja a priori natürliche und künstliche Silikate nicht denselben Schmelzpunkt zu haben brauchen, worüber ich des weiteren verhandle.[1] Speziell die natürlichen Feldspate, auch wenn sie ganz rein sind, sind nicht isomorphe Mischungen von Albit, Anorthit allein, sondern sie enthalten auch das Orthoklassilikat $KAlSi_3O_8$ in kleinen Mengen. Auch die natürlichen Albite und Anorthite enthalten kleine Mengen des anderen Silikats und auch etwas Kalisilikat. Es genügt, auf die Handbücher von Rammelsberg und Hintze zu verweisen, um darzutun, daß eben die idealen Mischungen, wie sie künstlich darstellbar sind, in der Natur nicht vorkommen; wenn wir die reinsten natürlichen Feldspate untersuchen (es kann sich nur um Kristalle handeln), so finden wir oft neben K, Na, Ca auch in den Fällen wasserklarer Kristalle ohne Einschlüsse noch Spuren von Mg, Fe, die allerdings meist dann wohl so geringfügige sind, daß sie die Zusammensetzung kaum beeinflussen.

Hier wäre noch eine Bemerkung bezüglich des Ausdruckes »reines Material« zu machen. Ein Feldspat, der weder Eisen noch Magnesia enthält, kann jedenfalls als rein bezeichnet werden, auch wenn er Kali enthält. Denn dieser Gehalt an Kali zeigt keine Unreinheit an, sondern er zeigt, daß in der

[1] Die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen, p. 15.

Digitized by Google

Natur jeder Plagioklas kalihaltig ist, weil eben die theoretischen Silikate, die wir aus den Formeln herausrechnen, in der Natur nicht existieren. Es ist eben in der Natur das Bestreben der Stoffe, isomorphe Mischungen zu bilden, sehr groß und kleine Mengen einer isomorphen (respektive isodimorphen) Verbindung sind jedem Stoffe beigemengt.

Welchen Einfluß haben nun die Beimengungen? Einschlüsse, welche in Feldspaten vorhanden sind, müssen den Schmelzpunkt erniedrigen. Nun enthalten manche auch gut und rein ausgewählte Kristalle doch noch immer Spuren von Fe, Mg; nehmen wir an, es sei in solchen Fällen eine Beimengung von $^1/_2\%$ eines Pyroxensilikats oder von Magnetit, so wird immerhin eine Erniedrigung des Schmelzpunktes erfolgen; nehmen wir an, der Schmelzpunkt beider, des einschließenden und eingeschlossenen Minerals, sei um 200° verschieden, so können wir eine erhebliche Erniedrigung durch jene kleinen Mengen kaum erhalten, weil nach den zahlreichen bisherigen Erfahrungen beim Zusammenschmelzen kristalliner Silikate bei geringen Mengen nur eine sehr geringe, in vielen Fällen oft kaum merkbare Differenz der Schmelzpunkte eintritt und erst bei größerer Beimengung die Schmelzpunktserniedrigung sich geltend macht. Eine große Schmelzpunktserniedrigung ergäbe sich also nur bei erheblicherer Beimengung und, falls etwa der eutektische Punkt zwischen den Einschlüssen Magnetit, Pyroxen einerseits und dem Feldspat andrerseits erreicht würde, was aber nie in Mischungen bei ganz vorherrschender Komponente eintritt, und auch hier wäre eine Erniedrigung von höchstens 30 bis 50° zu erwarten. Wir können daher die Differenzen von über 200° zwischen natürlichen und künstlichen Feldspaten nicht durch Einschlüsse erklären. Dasselbe gilt für kleine isomorphe Beimengungen, da ja bei isomorphen Mischungen die Schmelzpunktsveränderung dann annähernd proportional der beigemengten Molekularprozente erfolgt, also bei 1% Beimengung 2 bis 3° betragen würde.

Um nun zu prüfen, ob meine früheren Messungen, die ich in »Silikatschmelzen, I,« und in meiner Arbeit über Zusammenhang zwischen Schmelzpunkt und chemischer Zusammen-

Digitized by Google

setzung angab, richtig sind, habe ich möglichst reine Plagioklase unter dem Mikroskop geschmolzen. Den Apparat beschrieb ich früher und verweise auf meine »Silikatschmelzen, I und II«.[1] Das Thermoelement berührt die Quarzschale und ich habe bei meinen letzten Messungen es so eingerichtet, daß die Lötstelle das Pulver berührt. Die Temperatur desselben kann vermittels eines besonders konstruierten Widerstandes durch beliebig lange Zeit auf 2° genau konstant erhalten werden.

Ich stellte außerdem zwei Galvanometer nebeneinander auf und schaltete bald auf das erste, bald auf das zweite um. Die Temperatur ließ ich regelmäßig und langsam ansteigen, so daß in 5 Minuten ein Temperaturanstieg von 5°, höchstens 10° eintrat. Wünschenswert wäre es allerdings gewesen, noch langsamer vorzugehen. Ich bemerke noch, daß die Temperaturen eher etwas zu hoch bestimmt sein können, da die Lötstelle des Thermoelementes sich am Rande des Quarzschälchens befand, wo die Temperatur zirka 10° höher ist als in der Mitte des Ofens.

Was die Genauigkeit der Messung selbst anbelangt, so glaube ich, daß sie hinter keinen anderen derartigen Messungen zurücksteht. Es wurden mehrere Thermoelemente und zwei Galvanometer (das eine von Kaiser und Schmidt, das andere von Siemens und Halske) verwendet und verglichen. Die Pyrometer waren von der physikalisch-technischen Reichsanstalt geeicht und außerdem habe ich sie mit dem Schmelzpunkt von reinem Gold verglichen.

Überdies habe ich bei vielen Versuchen immer wenigstens annähernde Vergleiche mit Legierungen von bestimmtem Schmelzpunkt gemacht und überall Übereinstimmung getroffen, ein Irrtum in den Messungen ist also ausgeschlossen.

Ich glaube daher, daß die Messung so genau als möglich war; das Galvanometer von Siemens und Halske zeigt 10° an und läßt Schätzungen von 2° zu. Im übrigen habe ich die Millivolt abgelesen und nach der für das Thermoelement von der physikalischen Reichsanstalt gelieferten Tabelle berechnet. Angegeben habe ich hier bei den Versuchen nur die

[1] Diese Sitzungsberichte, Bd. 113 (1904).

Digitized by Google

Temperaturen. Ich will übrigens gerne zugeben, daß bei allen derartigen Messungen sogar Fehler von $\pm 10°$ möglich sind und daß ja bei allen Methoden (auch bei der von Day und Allen angewandten thermischen Methode) verschiedene Teile des zu schmelzenden Körpers verschiedene Temperaturen haben dürften. Doch werden die Differenzen bei kleinen Mengen sehr geringe sein, während allerdings in einem großen Tiegel leicht solche von $\pm 20°$ denkbar sind. Aber alle diese Fehler sind doch verhältnismäßig gering gegenüber der Schwierigkeit, den Schmelzpunkt wahrzunehmen; die geringste Schwierigkeit bietet aber dafür die mikroskopische Methode.

Es ist bei natürlichen Feldspaten meistens nicht möglich, die thermische Methode anzuwenden, weil dazu größere Mengen von Material gehören und solche in reinem Zustande nicht zu beschaffen sind; möglich wäre das nur mit Albit und Orthoklas; da aber bereits Day und Allen zeigten, daß ein Temperaturstillstand bei dem Schmelzen dieser Silikate nicht eintritt, so ist eine Wiederholung überflüssig. Für Labradorit und Anorthit waren größere reine Mengen nicht zu beschaffen, während dies bei der mikroskopischen Untersuchung leicht möglich ist, da dazu nur winzige Mengen nötig sind, die rein herstellbar sind.

Was nun die hohen Schmelzpunkte anbelangt, die Day und Allen gefunden haben, so beziehen sie sich auf künstliche Feldspate, aber die kleinen isomorphen Beimengungen können 200° Differenz nicht erklären. Es wäre noch denkbar, daß hier eine Art Dimorphie vorliegt,[1] oder aber, daß die kleine Wärmetönung, die jene Autoren allerdings nur bei Anorthit und Bytownit wahrnahmen, erst bei vollständiger Flüssigkeit eintritt. (Es ist auch noch nachzuweisen, ob über 1300° die durch Extrapolation erhaltenen Daten noch zuverlässig sind.)

In einer anderen Abhandlung habe ich auch darauf hingewiesen, daß bei vielen Silikaten, zu denen auch die Feldspate gehören, die thermische Methode nicht verläßlich ist, was Day und Allen bestätigen. Sie sagen:[2]

---

[1] Siehe meine gleichzeitig erscheinende Arbeit »Über die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen«.

[2] Zeitschrift für physik. Chemie, *53*, 24 (1906).

Digitized by Google

»Der Schmelzpunkt ist nicht durch eine konstante Temperatur gekennzeichnet.« Bei Ab_3An_1 war er schwer erkennbar, bei Ab_4An_1 war jede Spur von einer Schmelzwärme verloren. Nur bezüglich des Anorthits trat das nicht ein, aber auch hier sagen sie, »daß eine merklich konstante Temperatur für die Zeit einer Minute nirgends zu finden ist«.

Ich ziehe daher aus den Arbeiten von Day und Allen den Schluß, daß die von ihnen aufgestellten Schmelzpunkte doch nur berechnete sind, da sie ja selbst hervorheben, daß die Zeit-Temperaturkurven keinen horizontalen Teil zeigen.

Ich muß mich hier gegen eine Bemerkung von O. Mügge gelegentlich eines Referates im Zentralblatt für Mineralogie etc., 1906, Nr. 4, wenden; er meint: »Die Schmelzpunkte der Plagioklase von C. Doelter sind durch die von Day und Allen zu ersetzen.« Urteil darüber hat nur der, der solche Versuche selbst gemacht hat, und falls Mügge dann finden wird, daß meine Schmelzpunkte unrichtig und die anderen richtig sind, wird er zu jenem Ausspruch berechtigt sein.

Der Schmelzpunkt des Albits ($NaAlSi_3O_8$) vom Rhônetal.

Für Albit hatte ich den Anfang des Schmelzens mit 1130° und als den Punkt der vollkommenen Umwandlung in die amorphe Phase 1160 bis 1170° gefunden.[1] Spätere wiederholte Versuche nach verschiedenen Methoden ergaben zirka 1160° als Schmelzpunkt, doch ist der Flüssigkeitsgrad bei dieser Temperatur noch sehr gering und erst über 1200° tritt merkliche Flüssigkeit ein.

Ich habe nun den Vorgang des Schmelzens unter dem Mikroskop verfolgt, wobei Kristallpulver während des ganzen Vorganges beobachtet wurde und die Erhitzung sehr langsam erfolgte, und zwar zirka $1^1/_2$ Stunden von 1150 bis 1220°; einer Erhitzung von 5° entsprechen zirka 6 Minuten Zeit.

Man kann dabei die Vorgänge sehr genau beobachten, die Abrundung der eckigen Kristallbruchstückchen, die Verflüssigung, das Ineinanderfließen von Tropfen sehen. Als

[1] Tschermak's Mineralog. und petrogr. Mitt., XXII, 298 (1903).

Digitized by Google

Resultat der Beobachtung ergibt sich, daß der Schmelzprozeß, wie auch aus meinen früheren Versuchen bereits hervorging, ein sehr langsamer ist und daß man hier von einem plötzlichen Schmelzen nicht sprechen kann, sondern von einem allmählichen; ein scharfer Schmelzpunkt existiert nicht.

Eine Hauptbedingung, welche nun von allen Beobachtern nicht immer eingehalten zu werden scheint, ist langsames Erhitzen und die Beobachtung wird um so genauer sein; je langsamer das Erhitzen vor sich geht, desto genauer sind die Resultate.

Zeit	Temperatur	Beobachtung (vergl. Fig. 1)
$4^h\ 20^m$	1135°	Kleine Veränderung an den Kanten.
$4^h\ 30^m$	1140°	
$4^h\ 35^m$	1150°	Es beginnen die Kristallbruchstücke an vielen Stellen sich abzurunden.
$4^h\ 40^m$	1155°	Die Ecken verschwinden, die scharfen Kanten runden sich ab.
$4^h\ 45^m$	1160°	Die Kristallbruchstücke nehmen Kugelform an, einzelne getrennte Bruchstücke vereinigen sich.
$4^h\ 50^m$	1165°	Es bilden sich Gasporen in der flüssigen Masse.
$4^h\ 55^m$	1175°	Kleinere Bruchstücke vereinigen sich zu großen Tropfen.
5^h	1180°	Die Tropfen werden flüssiger, weniger viskos.
$5^h\ 10^m$	1190°	Die Tropfen werden durchsichtig und flüssiger.
$5^h\ 15^m$	1195°	
$5^h\ 20^m$	1200°	Fast alles ist flüssig.
$5^h\ 25^m$	1205°	Die Tropfen fließen zusammen.
$5^h\ 30^m$	1215°	Alles ist flüssig.

Bei 1135° ist daher der Beginn der Veränderung wahrzunehmen, bei 1160° haben wir bereits nur wenig Festes mehr, bei 1175° ist alles umgewandelt und bei 1200° ist fast alles flüssig; bei 1215° ist die Flüssigkeit sehr wenig viskos. Der Beginn des Schmelzens ist also 1135°, der Punkt, bei dem alles flüssig ist, 1210° und derjenige, bei welchem beide Phasen vorhanden sind, 1160 bis 1170°, was mit meinen früheren Beobachtungen übereinstimmt. Demnach hat Albit keinen scharfen Schmelzpunkt.

Digitized by Google

Hiebei ist zu bemerken, daß der jetzt zur Untersuchung verwendete Albit kleine Mengen von Ca (nämlich 0·50%), daher kleine Mengen Anorthitsilikat enthält; da dieses den Schmelzpunkt erhöht, so wäre der des theoretischen Albits $NaAlSi_3O_8$, der in der Natur nicht existiert, noch etwas niedriger. Albit wird amorph, ohne dünnflüssig zu werden, was auch Day und Allen beobachteten, ebenso wie ich früher. Sie glauben,[1] daß »hier kristallinische Stoffe vorliegen, welche nicht nur über längere Zeitperioden bei Temperaturen weit oberhalb ihres Schmelzpunktes erstarren können, sondern welche mit äußerster Langsamkeit in dem unteren Teile dieses Instabilitätsbereiches schmelzen«.

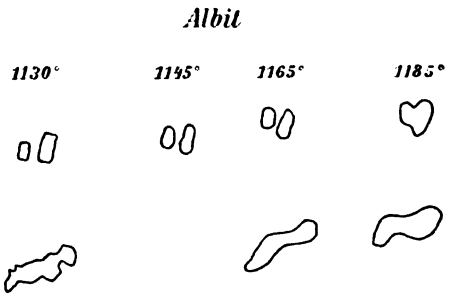


Fig. 1.
Veränderungen bei Albitbruchstücken.

Bezüglich des Albits bemerkten sie,[2] daß bis 1200° »auch noch Gruppen von Kristallfragmenten von mikroskopischer Größe, die ihre ursprüngliche Orientierung vollständig bewahrt hatten, dazwischen schmale Streifen von Glas,...«

»Es hatte beträchtliches Schmelzen stattgefunden, aber kein Fließen.«

»Mitchell C°-Albit zeigte Spuren des Schmelzens nach 4 Stunden bei 1100°, bei 1125° gab ein vierstündiges Erhitzen unverkennbar Glas.«

»Es würde sicher keine Übertreibung sein, zu sagen, daß Albit einige Wochen brauchen würde, um den amorphen Zustand zu erreichen, wenn die Temperatur konstant auf 1125° erhalten würde.«

[1] L. c., p. 34.

[2] Zeitschrift für physik. Chemie, *54*, 30.

Digitized by Google

Es stimmen also die von Day und Allen hervorgehobenen Tatsachen mit jenen überein, auf welche ich in früheren Arbeiten aufmerksam machte; ihr erster Punkt, bei welchem das Schmelzen beginnt, ist sogar etwas unter jenem gelegen, den ich fand, nämlich 1130°. Es ist mir aber nicht klar, warum jene Autoren trotz der eben angeführten Daten und Meinungen schließlich den Schmelzpunkt des Albits auf 1225° ansetzen, da sie ja für das Zusammensein fester und flüssiger Phase viel niedrigere Zahlen erhielten, und gerade der letztzitierte Ausspruch würde eher 1125° als Schmelzpunkt ergeben.

Welches ist nun der Schmelzpunkt des Albits, ist es der Punkt, bei dem die ersten Anzeichen des beginnenden Schmelzens eintreten, oder der Punkt der Verflüssigung? Daß diese beiden Punkte auseinanderzuhalten sind, habe ich schon vor mehreren Jahren behauptet.[1] Nimmt man den ersten Punkt an, so müßte er, falls man den Körper bei jener Temperatur durch viele Stunden (eventuell Tage) belassen würde, schließlich flüssig werden.

Ich glaube aber, daß er bei dieser Temperatur nicht flüssig, wohl aber isotrop wird, ohne seine große Viskosität zu verlieren, und deshalb habe ich schon damals jenen Punkt den Umwandlungspunkt in die isotrope Phase genannt. Die Eigenart des Albits und vieler anderer Silikate, die sich ähnlich verhielten wie die meisten Feldspate, Nephelin, Leucit, ist es also, glasig zu werden, ohne eigentlich flüssig zu sein. Der Flüssigkeitsgrad ist daher mehr eine sekundäre Erscheinung und besser noch als bei Albit sehen wir bei Leucit, daß dieser erst bei 1400° flüssig wird, obgleich er schon längst glasig-isotrop geworden ist.

Was nun diese erwähnte Eigenschaft des Albits (und, wie ich hinzufüge, auch vieler anderer Silikate) anbelangt, so deuten sie Day und Allen als eine Überschreitung des Schmelzpunktes, d. h. diese Körper können über ihren Schmelzpunkt erhitzt werden. Ich glaube, daß dies aber doch nur scheinbar

---

[1] Mineralog.-petrogr. Mitteilungen, herausgegeben von G. Tschermak, Wien 1901.

Digitized by Google

der Fall ist; infolge der geringen Schmelzgeschwindigkeit stellt sich das Gleichgewicht sehr langsam ein.

Man kann aber sagen, daß solche Körper überhaupt keinen Schmelzpunkt haben, denn der erste untere Punkt ist doch nur der Beginn des Schmelzens und selbst bei mehrstündigem Verharren auf diesem Punkte war der Albit zum allergrößten Teil noch fest. Immerhin ist das Temperaturintervall, bei welchem feste und flüssige Phase auch bei sehr langsamem Erhitzen nebeneinander verharren können, noch ein großes und dies ist eine Folge der großen Viskosität dieser Stoffe, welche die geringe Schmelzgeschwindigkeit zur Folge hat. Auch die Erstarrungsgeschwindigkeit ist eine sehr geringe und, weil infolge der Viskosität diese fast Null ist, bilden sich keine Kristalle. Wie ich schon in früheren Arbeiten gezeigt habe, liegt der Verflüssigungspunkt, das Abnehmen der Kohäsion, viel höher als der Schmelzpunkt.

Es wäre nun zu untersuchen, z. B. bei künstlichem Labrador oder Anorthit, ob die Wärmeabsorption in dem Moment des Flüssigwerdens eintritt oder früher, wenn die kristallisierte Phase amorph-zähflüssig wird; bei den meisten Feldspaten scheint sie allmählich, wie auch der Schmelzverlauf sich einzustellen.

Wir haben also bei den Feldspaten, insbesondere bei den stark viskosen, doch ein Pseudogleichgewichtsgebiet, bei welchem feste und flüssige Phase nebeneinander koëxistieren, und wenn ein Schmelzpunkt in diesem theoretisch angenommen wird, so ist die Umwandlungsgeschwindigkeit der festen Phase in die flüssige eine äußerst geringe. Zwischen Dissoziation und dem abnormen Schmelzverhalten existiert jedenfalls ein Zusammenhang, es tritt während des Schmelzens Zerfall im Komponenten ein.

Oligoklas von Bakersville (vergl. Fig. 2).

Folgendes sind die erhaltenen Daten, wobei die Millivolt gleich in Temperaturgrade umgerechnet sind:

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$4^h\ 10^m$	1170°	Beginn des randlichen Schmelzens, kaum merkliche Umwandlung an den Rändern.

Digitized by Google

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$4^h\ 20^m$	1175°	Fortsetzung der randlichen Veränderung.
$4^h\ 25^m$	1185°	Deutliche allgemeine Veränderung an den Rändern.
$4^h\ 30^m$	1195°	Zusammenfließen.
$4^h\ 35^m$	1200°	»
$4^h\ 38^m$	1205°	Einige ganz flüssige Teile treten auf.
$4^h\ 40^m$	1210°	Trennung früher vereinigter Teile. Vieles ist schon flüssig.
$4^h\ 45^m$	1220°	
$4^h\ 50^m$	1225°	Der größte Teil ganz flüssig.
$4^h\ 55^m$	1228°	Die Schmelze wird dünnflüssiger und durchsichtig.
$5^h\ 0^m$	1235°	Die meisten Teile durchsichtig und schon flüssiger.
$5^h\ 5^m$	1240°	Feste Teile sind keine mehr vorhanden.
$5^h\ 10^m$	1250°	Alles ziemlich flüssig und weniger viskos.

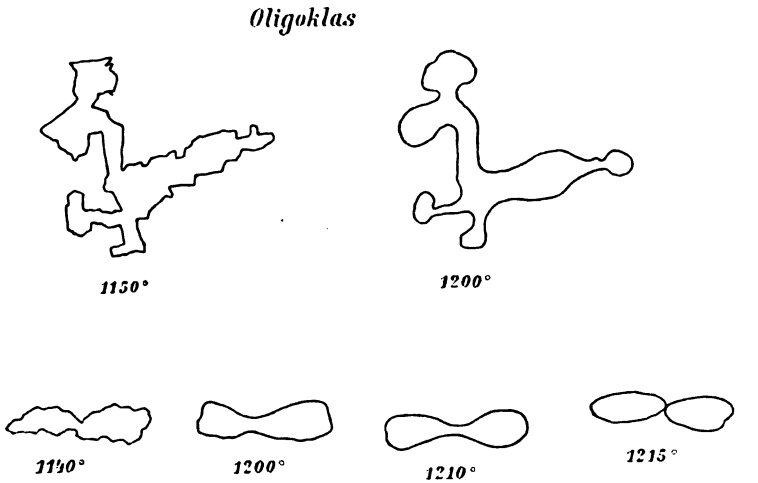


Fig. 2.
Veränderungen bei Oligoklaspulver.

Demnach würde der Beginn des Schmelzens bei 1170° eintreten. Bei 1200° wäre ungefähr gleich viel Flüssiges und Festes vorhanden. Bei 1240° ist alles flüssig.

Diese Daten stimmen mit meinen früheren Beobachtungen recht gut überein; da hier sehr reines Material vorlag, so ist

Digitized by Google

der Schmelzpunkt etwas höher, natürlich ist auch die Methode etwas genauer.

Plagioklas der Labradoritreihe von der Szuligata (Siebenbürgen).

Dieser Plagioklas hat die Zusammensetzung:

SiO_2 ..... 55·52
Al_2O_3 ..... 28·93
CaO ..... 9·95
Na_2O ..... 5·01
K_2O ..... 0·28.

Es war möglich, sehr reine Teilchen zur Untersuchung zu erhalten.

Unter dem Mikroskop ergibt sich folgendes (vergl. auch Fig. 3):

Temperatur	Beobachtung
1180°	Kleine Veränderung an den Kanten.
1185°	Kleine, unbedeutende Abrundung scharfer Ecken.
1195°	Randliche Umwandlung. Anschmelzen benachbarter Bruchstücke.
1200°	Weiterer Fortschritt in dem Anschmelzen.
1210°	Deutliche Abrundung der Kanten.
1215°	Die meisten Bruchstücke sind abgerundet; Zusammenschmelzen derselben.
1225°	Stärkeres Zusammenfließen der Ränder.
1230°	
1250°	Zähflüssiger Zustand; einzelne Bruchstücke sind ganz geschmolzen.
1260°	Viele Bruchstücke sind flüssig.
1265°	
1270°	Die Tropfen fließen zusammen.
1280°	Das Ganze ist flüssig, durchsichtig.
1290°	Die Tropfen sind dünnflüssig.

Der Plagioklas von der Szuligata gehört zwar schon der Labradoritreihe an, steht aber doch dem Andesin sehr nahe, da er zwischen Ab_1An_1 und Ab_3An_4 ungefähr Ab_9An_{10} entspricht; sein Schmelzpunkt liegt zwischen 1185 und 1275°

Digitized by Google

Veränderungen bei Labrador

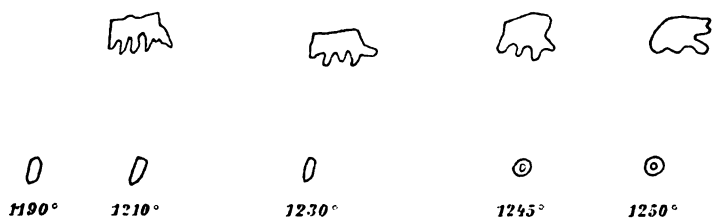


Fig. 3.

und dürfte der Punkt, bei dem gleiche Mengen flüssiger und fester Phase vorhanden sind, bei 1225° liegen. Der Unterschied gegen den Oligoklas von Bakersville ist merklich.

Labradorit von Labrador (vergl. Tafel I).

Es wurde ein Kristall ausgesucht, der von Einschlüssen möglichst frei war. Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß an manchen Stellen die bekannten Einschlüsse vorhanden waren, während andere daran arm sind; diese wurden zur Untersuchung herangezogen. Die Analyse des Labradorits ergibt, daß er ungefähr der Mischung Ab_2An_3 entspricht.

Es wurde das Pulver wie früher unter dem Mikroskop erhitzt.

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$11^h\ 20^m$	1185°	Beginn des Schmelzens; unbedeutende randliche Veränderung.
$11^h\ 25^m$	1190°	
$11^h\ 30^m$	1210°	Einzelne Körner runden sich deutlich ab.
$11^h\ 35^m$	1215°	
$11^h\ 40^m$	1220°	Deutliche Bildung einzelner Tropfen; die Hauptmasse ist noch wenig verändert.
$11^h\ 45^m$	1225°	Größere Bruchstücke fangen an zu schmelzen.
$11^h\ 55^m$	1230°	Am Rande ist alles rundlich, aber einzelne Teile sind noch unversehrt.
$12^h\ 0^m$	1240°	
$12^h\ 5^m$	1245°	Einzelne Teile ganz flüssig.
$12^h\ 10^m$	1250°	Der größte Teil ist ganz flüssig.

Digitized by Google

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$12^h\ 15^m$	1260°	Fast alles flüssig.
$12^h\ 20^m$	1270°	Alles ist in Tropfen geschmolzen.
$12^h\ 25^m$	1290°	Alles ziemlich dünnflüssig.

Man kann daher sagen, daß bei 1185° der Schmelzfluß beginnt und bei 1260° alles amorph ist; der Schmelzpunkt, bei welchem feste und flüssige Phase noch gleichmäßig vorhanden sind, wäre 1220°.

Bei der Abkühlung bilden sich die ersten Kristalle bei 1200°, die Kristallbildung dauert bis 1150° an.

Gegenüber dem Labradorit der Szuligata ergibt sich daher fast kein Unterschied, trotzdem der erstere mehr Na enthält; dies dürfte dem Umstande zuzuschreiben sein, daß der Labradorit von Labrador weniger rein war.

Den Labradorit von Kiew hatte ich früher untersucht und den Schmelzbeginn mit 1160° und unter dem Mikroskop den eigentlichen Schmelzpunkt mit 1215° bestimmt; bei 1230° war alles glasig, aber sehr zähflüssig. Dieser Labradorit hat den niedersten Schmelzpunkt, was davon herrühren dürfte, daß er am meisten verunreinigt ist; ich habe ihn daher in die Tabelle, p. 21, nicht einbezogen, da er eisenhaltig ist.

Man sieht daher, daß die drei Labradorite sehr gut übereinstimmen bezüglich ihrer Schmelzpunkte. Die von Allen und Day gefundenen Punkte können sich nicht auf natürlichen Labradorit beziehen, denn kleine Beimengungen haben nach den Erfahrungen beim Zusammenschmelzen von Kristallgemengen doch nur geringen Einfluß und derartige minimale Verunreinigungen können vielleicht den Schmelzpunkt um 20 bis 50° herunterdrücken, nicht aber um 200°.

Schmelzpunkt des Anorthits.

Den Schmelzpunkt des Anorthits habe ich wiederholt bestimmt, doch gelang es mir bisher nicht, reines Material zu erhalten. Die Bestimmung geschah bisher im Horizontalofen, die, wie ich früher ausführte, nicht so genau ist, daher hatten anfängliche Bestimmungen sogar etwas unter 1200° ergeben. Später gelang es mir, für nicht ganz reinen Anorthit vom Vesuv

Digitized by Google

1230°, für solchen von Pizmeda 1250 bis 1260° und für den vom Mijakeshima (Japan) zirka 1290° zu bestimmen. Da jedoch die Bestimmungen entweder im Horizontalofen oder im Vertikalofen mit größeren Mengen gearbeitet werden mußten, war reines Material in solchen Mengen nicht zu beschaffen gewesen. Nur die mikroskopische Methode erlaubt dies, da es schließlich nicht schwer ist, einen kleinen reinen Kristall oder ein reines Kristallbruchstück zu erhalten, während die anderen Methoden größere Mengen erfordern.

Day und Allen erhielten für künstlichen Anorthit die Temperatur 1534°, Brun für denselben 1490°.

Aus diesen Daten geht hervor, daß der künstliche Anorthit einen weit höheren Schmelzpunkt haben muß als der natürliche. Ich habe nun bei neuerlicher Untersuchung durch die mikroskopische Methode folgende Daten erhalten.

1. **Anorthit vom Vesuv** (vergl. Tafel II).

Es diente dazu ein kleines wasserhelles Bruchstück, dessen mikroskopische Untersuchung keine Einschlüsse verriet und welches bei mikroskopischer Methode weder Na noch Mg ergab. Es darf daher der Anorthit, soweit bei Mineralien möglich, als rein betrachtet werden.

Zeit	Temperatur	Verhalten des Pulvers
$10^h\ 20^m$	1220°	Unverändert.
$10^h\ 25^m$	1230°	»
$10^h\ 30^m$	1250°	Einzelne Teilchen am äußeren Rande der Quarzschale zeigen Veränderung.
$10^h\ 35^m$	1260°	Bereits merkliche Veränderung der Umrisse.
$10^h\ 40^m$	1270°	
$10^h\ 45^m$	1270°	Stärkere Veränderung der Ränder.
$10^h\ 55^m$	1280°	
11^h	1290°	Einzelne Teilchen schmelzen ganz.
$11^h\ 5^m$	1295°	Zusammenfließen von Bruchstücken; Tropfenbildung.
$11^h\ 10^m$	1295°	Viele Teile sind flüssig, durchsichtig.
$11^h\ 15^m$	1300°	Dasselbe Bild, aber noch feste unveränderte Teile.

Digitized by Google

Zeit	Temperatur	Verhalten des Pulvers
$11^h\ 20^m$	1310°	Die Ränder der Bruchstücke sind ganz verändert und rund.
$11^h\ 25^m$	1310°	Starke Tropfenbildung.
$11^h\ 30^m$	1315°	Nur wenig feste Teile mehr.
$11^h\ 35^m$	1320°	Fast alles flüssig.
$11^h\ 40^m$	1325°	
$11^h\ 45^m$	1330°	Alles flüssig und zum Teil fließend.
$11^h\ 50^m$	1345°	Deutliches Fließen einer viskosen Flüssigkeit.

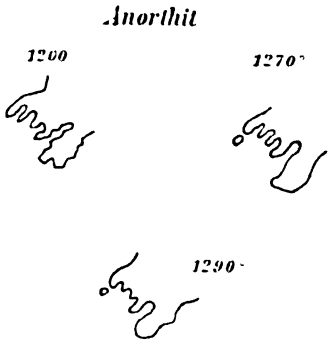


Fig. 4.
Veränderungen von Anorthitpulver.

Daraus schließe ich, daß der Schmelzpunkt, nämlich der Punkt, bei welchem feste und flüssige Phase auch gleichmäßig vorhanden sind, bei zirka 1290° liegt, was mit früheren Bestimmungen gut übereinstimmt. Der Beginn des Schmelzens liegt bei 1250°, der Punkt, bei dem alles amorph ist, bei 1330°.

Was die Viskosität anbelangt, so ist bei 1330° jedenfalls nur Zähflüssigkeit vorhanden und dürfte, wie mir auch frühere Versuche ergaben, die Dünnflüssigkeit erst über 1360° beginnen, was mit meinen früheren Beobachtungen übereinstimmt. Es ist auch denkbar, daß sie vielleicht sich erst bei 1500° einstellt und daß die Bestimmungen, welche jene Temperatur ergaben, sich auf die Dünnflüssigkeit beziehen. Glasig, zähflüssig und amorph wird Anorthit sicher bei 1330°.

Erstarrung des Anorthits. Bei der ziemlich raschen Abkühlung von 1340 bis 1220° innerhalb 10 Minuten ergab sich, daß die ersten Kristalle sich bei etwa 1240 bis 1250°

Digitized by Google

bildeten; doch war die Hauptausscheidung bei 1230°, nach 1215° war keine Kristallbildung mehr zu beobachten, demnach bilden sich Kristalle hier in keinem sehr großen Intervalle. Die erstarrte Masse war aber nur halbkristallin und mit Glas vermengt und die Kriställchen sind sehr winzig, so daß die Kristallisationsgeschwindigkeit vielleicht nicht so groß ist wie bei Labradorit.

2. Anorthit von Mijakeshima (Japan).

Dieser Anorthit bildet große Kristalle und enthält große Olivinkörner; es war aber möglich, einzelne kleine Bruchstücke zu erhalten, die frei von Einschlüssen waren. Die chemische Prüfung auf Mg und Fe ergab, daß das Pulver weder Eisen noch Magnesium enthält, doch war eine Spur von K vorhanden. Leider kenne ich keine Analyse dieses Anorthits.

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$10^h\ 0^m$	1235°	Keine Veränderung.
$10^h\ 5^m$	1245°	» »
$10^h\ 10^m$	1250°	Kleine Veränderung, Beginn des randlichen Anschmelzens.
$10^h\ 15^m$	1260°	Sehr feiner Staub beginnt flüssig zu werden.
$10^h\ 20^m$	1265°	Die Umrandungen beginnen sich zu runden.
$10^h\ 25^m$	1270°	Starke Veränderung des Gesamtbildes, insbesondere an den Rändern der Schale.
$10^h\ 30^m$	1280°	Gewisse Teile des Pulvers trennen sich und schmelzen.
$10^h\ 35^m$	1290°	Einzelne Teile deutlich flüssig.
$10^h\ 40^m$	1295°	
$10^h\ 50^m$	1295°	Fortschritte der Verflüssigung.
$11^h\ 0^m$	1305°	Ein großer Teil schmilzt.
$11^h\ 5^m$	1305^m	» » » »
$11^h\ 10^m$	1310°	Das meiste schon flüssig.
$11^h\ 15^m$	1320°	Die Flüssigkeit wird etwas durchsichtiger.
$11^h\ 20^m$	1325°	Eckige Bruchstücke sind verschwunden.
$11^h\ 25^m$	1330°	
$11^h\ 30^m$	1335°	Fast lauter Tropfen, keine feste Phase mehr vorhanden.

Digitized by Google

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$11^h\ 35^m$	1340°	Die Flüssigkeit ist stark durchsichtig, aber noch zähe.
$11^h\ 40^m$	1340°	
$11^h\ 50^m$	1350°	
$12^h\ 0^m$	1360°	Kleine benachbarte Tropfen vereinigen sich an einigen Stellen.
$12^h\ 5^m$	1370°	Abnehmen der Zähigkeit der Flüssigkeit.

Bei der Abkühlung, welche ziemlich rasch vor sich ging, da die Temperatur von 1290 bis 1160° in 10 Minuten fiel, bildeten sich bei 1240° die ersten Kristalle, bei etwa 1200° die letzten; doch war der glasige Anteil stark vorwiegend und die Kristallmikrolithen sehr klein.

Der Schmelzpunkt wäre demnach zwischen 1255 und 1335° und der Punkt, in dem beide Phasen gleichmäßig vorhanden sind, ist 1310°. Bei 1370° ist ein Abnehmen der Viskosität merklich.

3. Zweiter Versuch mit Anorthit von Mijakeshima.

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$4^h\ 5^m$	1250°	Keine Veränderung.
$4^h\ 10^m$	1255°	Ganz geringe Abrundung einzelner Bruchstücke.
$4^h\ 15^m$	1260°	Stärkere randliche Veränderung.
$4^h\ 20^m$	1270°	» » »
$4^h\ 25^m$	1275°	Die eckigen Umrisse sind zumeist verschwunden.
$4^h\ 30^m$	1280°	Es bilden sich Tropfen.
$4^h\ 35^m$	1290°	
$4^h\ 40^m$	1295°	Die Tropfenbildung nimmt zu.
$4^h\ 45^m$	1305°	Alles ist rundlich begrenzt.
$4^h\ 50^m$	1310°	Einzelne Tröpfchen werden durchsichtig; nicht viel feste Teile mehr.
$4^h\ 55^m$	1310°	Keine Veränderung.
$5^h\ 0^m$	1320°	Manche Tröpfchen sind durchsichtig und zähflüssig.
$5^h\ 5^m$	1330°	Keine festen Teile mehr.
$5^h\ 10^m$	1340°	Alles zähflüssig in Tropfen.

Digitized by Google

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$5^h\ 15^m$	1345°	Die Durchsichtigkeit nimmt zu.
$5^h\ 20^m$	1355°	Die Tropfen fließen stellenweise zusammen.
$5^h\ 25^m$	1360°	Die Durchsichtigkeit und der Flüssigkeitsgrad
$5^h\ 30^m$	1370°	sind stark bemerkbar.

Demnach beginnt die Abrundung bei 1260° und bei 1340° ist alles tropfbar-zähflüssig; bei 1300° waren beide Phasen noch gleichmäßig vorhanden. Es zeigt sich also große Übereinstimmung bei den beiden Versuchen. Anorthit von Mijakeshima hat einen Schmelzpunkt, der den des Anorthits vom Vesuv um zirka 10° übersteigt.

Die Erstarrung von 1360 bis 1210° wurde in der Zeit von 25 Minuten durchgeführt. Die ersten Kristalle bilden sich bei 1270°, doch findet stärkere Kristallbildung zwischen 1255 und 1240° statt, bei 1220° wurde noch Abscheidung bemerkt, bei 1210° ist alles fest.

Leucit vom Monte Somma.

Dieser Leucit wurde, soweit möglich, durch Ausklauben der Beimengungen und durch Behandlung mit dem Elektromagneten gereinigt. Unter dem Mikroskop sieht man keine Einschlüsse mehr.

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$5^h\ 10^m$	1285°	Keine Veränderung.
$5^h\ 15^m$	1295°	Ganz unbedeutende Veränderung an den Kanten.
$5^h\ 20^m$	1300°	Randliche Veränderung an den Kanten.
$5^h\ 25^m$	1310°	
$5^h\ 30^m$	1320°	Weitere Umwandlung, starke Abrundung der Bruchstücke.
$5^h\ 35^m$	1330°	Einzelne Bruchstücke sind bereits flüssig.
$5^h\ 37^m$	1340°	Zusammenfließen kleiner Teilen.
$5^h\ 40^m$	1345°	Größere Teile sind flüssig.
$5^h\ 50^m$	1350°	Der größte Teil tropfenartig, keine scharfen Kanten mehr sichtbar.
$5^h\ 55^m$	1355°	Fast alles zähflüssig, die Tropfen vereinigen sich.

Digitized by Google

Zeit	Temperatur	Beobachtung
6^h 0^m	1360°	Die Flüssigkeit fließt seitlich ab.
6^h 5^m	1365°	Gasporen durchbrechen die Flüssigkeit.
6^h 10^m	1370°	
6^h 15^m	1380°	
6^h 26^m	1390°	Der Flüssigkeitsgrad nimmt zu.
6^h 25°	1410°	Alles ist flüssig und die Beweglichkeit der Flüssigkeit nimmt zu.

Bei 1400° ist also schon ein gewisser Flüssigkeitsgrad vorhanden. Während also bei 1320° der Schmelzprozeß schon merklich ist, ist bei 1350° alles amorph und bei 1400° schon flüssig; ich kann demnach meine früheren Mitteilungen über die Viskosität des Leucits dahin ergänzen, daß bei 1410° diese schon merklich abgenommen hat und das seinerzeit punktiert gezeichnete Kurvenstück jedenfalls eher etwas steiler zu ziehen ist. Ich kann meine früheren Beobachtungen über den Schmelzpunkt des Leucits nur bestätigen; derselbe ist zwischen 1290 und 1355° gelegen.

Bei rascher Abkühlung wurde zwischen 1250 und 1190° Kristallbildung wahrgenommen, doch erstarrte die Masse vorwiegend glasig.

Die Resultate der Beobachtungen sind also: Die Plagioklase (wie auch Leucit) haben keinen scharfen Schmelzpunkt. Man hat ein großes Intervall zu unterscheiden, dessen unterer Punkt, der Schmelzbeginn, 60 bis 100° unter dem oberen Punkt, demjenigen, bei welchem die feste Phase verschwunden ist, liegt. Definiert man den Schmelzpunkt als einen solchen, bei dem beide Phasen noch gleichmäßig vorhanden sind, so kann man die in Fig. 5 erhaltenen mittleren Schmelzpunkte (punktierte Linie) annehmen.

In beistehender Zeichnung sind die Resultate der jetzigen Untersuchung dargestellt. Es sind eingezeichnet:

I. Beginn des Schmelzens (untere Kurve),
II. Stadium des vollständigen Verschwindens der kristallisierten Phase (oberste Kurve),
III. mutmaßlicher mittlerer Schmelzpunkt (mittlere Kurve).

Digitized by Google

Was die künstlichen Plagioklase anbelangt, so war es mir bisher nicht möglich, eine ausgedehnte Untersuchung dieser vorzunehmen.

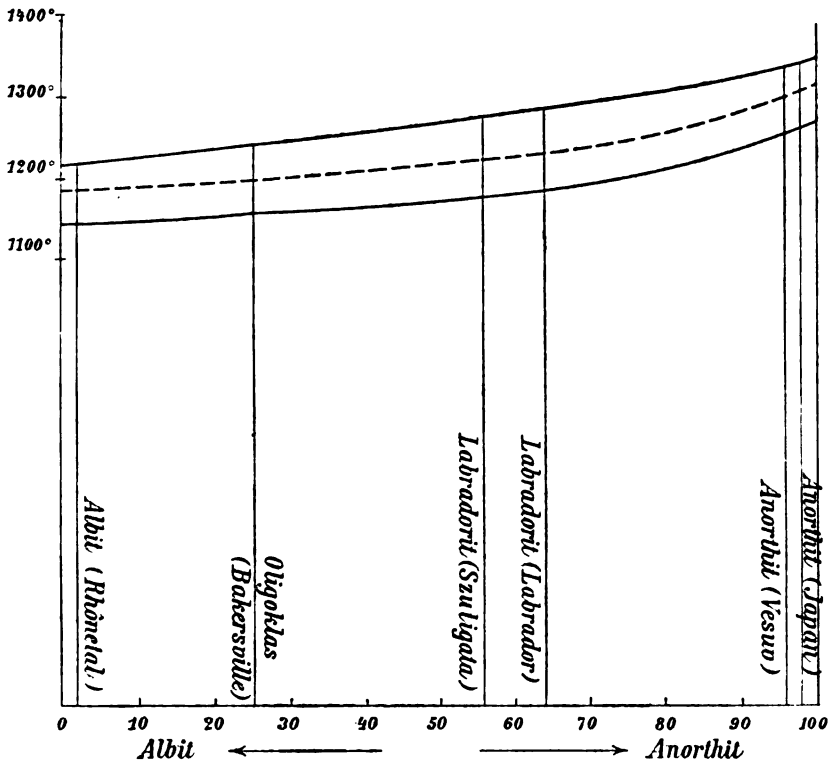


Fig. 5.

	Beginn des Schmelzens	Flüssige und feste Phase	Keine feste Phase
Albit, Rhônetal	1135°	1165°	1210°
Oligoklas, Bakersville	1160	1200	1240
Labradorit, Szuligata	1185	1225	1275
Labrador	1185	1220	1270
Anorthit, Vesuv	1255	1290	1330
Japan.....	1260	1310	1340

Digitized by Google

II. Die Schmelzpunkte der Augit-Labradoritmischungen.

Diese Reihe wurde von mir in »Silikatschmelzen, I«,[1] behandelt. Dabei ergab sich das auffallende Resultat, daß trotz der naheliegenden Schmelzpunkte der beiden Komponenten Augit und Labradorit die eutektische Mischung nicht in der Mitte, etwa zwischen den Komponenten, liegt, also ungefähr gleichen Mengen derselben entspricht, wie die Theorie verlangt und wie man sie aus der van 't Hoff'schen Formel unter Anwendung der Berechnungen Vogt's erhalten würde. Die Gründe, warum sich die Kurve derart abnorm verhält, besprechen wir unten bei Betrachtung der eutektischen Mischungen.

Um aber die Behauptung, daß der eutektische Punkt in einem derartigen Falle in der Mitte zwischen beiden Schmelzpunkten gelegen sein müsse, obgleich vom theoretischen Standpunkt bereits der Einwand berechtigt ist, daß dies nur dann richtig ist, wenn keine Dissoziation stattfindet, objektiv zu prüfen, habe ich die erwähnte Reihe nochmals vorgenommen.

Ich wählte damals die in größeren Mengen beschaffbaren Vorkommen Augit vom Monti Rossi als einen Typus der Augite aus Eruptivgesteinen und Labradorit von Kiew; da die in Gesteinen vorkommenden Komponenten auch nicht rein sind, so schien es mir der Analogie halber mit natürlichen Gesteinen richtiger, solche zu nehmen, als etwa die idealen, aber in der Natur nicht vorkommenden theoretischen Mischungen.

Übrigens habe ich auch aus chemischen Mischungen solche theoretische Silikate herstellen lassen, um sie mit den Vorkommen in der Natur zu vergleichen.

Ich hatte anfangs nur diejenigen Schmelzpunkte bestimmt, welche die mechanischen Mischungen der Komponenten, dann die zu Glas geschmolzenen homogenen Mischungen ergeben, und dabei die untere und die obere Grenze des Schmelzintervalles berücksichtigt. Nun wurden auch die Erstarrungspunkte, und zwar die oberen und unteren gemessen, ferner wurden die Schmelzpunkte der bereits einmal erstarrten

[1] Diese Sitzungsberichte, Bd. 113 (1904).

Digitized by Google

Schmelze beider Komponenten nochmals bestimmt. Man erhält auf diese Weise vier Kurven, die jede aus zwei bestehen, wenn man immer den unteren und den oberen Schmelz-, respektive Erstarrungspunkt mißt.

Ich habe nun die Labradorit-Augitreihe dahin vervollständigt, daß ich zu den früher erwähnten Bestimmungen auch noch die der Erstarrungspunkte und die der Schmelzpunkte bereits erstarrter Mischungen vornahm; denn aus meinen früheren Arbeiten und jenen meiner Schüler ergibt sich, daß die Mischungen von Mineralpulvern oft keine charakteristischen Kurven ergeben. Um aber jedem Einwande zu begegnen, es läge hier keine innige Mischung vor, habe ich die zu Glas geschmolzenen Mineralmischungen erstarren lassen und dann von diesem ganz innigen Gemenge die Schmelzpunkte bestimmt.

Es ist zu erwarten, daß dabei das Korn einen wenn auch geringen Einfluß hat, obgleich auch bei den Mineralpulvern das feinste erreichbare Korn durch Passieren eines Beuteltuches angewandt worden war. Bei den bereits zusammengeschmolzenen und wieder erstarrten Mischungen kann aber ein feineres Korn erhalten werden.

Bei Labradorit-Augit ergab sich, daß die Schmelzpunkte kristalliner Mischungen um 10 bis 20° höher sind als jene, welche man erhält, wenn man aus der Schmelze die Kristalle erstarren läßt und dann diese kristallinisch gewordene Masse wieder erhitzt und den Schmelzpunkt neuerdings bestimmt. Diese Erniedrigung dürfte aber damit zusammenhängen, daß jene Schmelze niemals ganz kristallinisch erstarrt, sondern immer Glas enthält und daß sich etwas Magnetit bildet; die bereits erstarrte Schmelze ist also nicht mehr genau eine der Mischung der Anfangskomponenten entsprechende.

Die Schmelzpunkte wurden von mir wiederholt bestimmt und es ergeben sich, wenn man die höchsten Zahlen unter den vielen Messungen auswählt, 1210 bis 1220° für Labradorit, 1190° für Augit, die Verflüssigungspunkte sind 1245° für ersteren, 1200° für letzteren. Selbstverständlich gelten diese Zahlen nicht für alle Labradorite und Augite. Der betreffende Plagioklas liegt den Analysen zufolge zwischen Ab_1An_1 und

Digitized by Google

Ab_2An_3 und dürfte dem Verhältnisse Ab_3An_4 entsprechen. Doch ist er kein reiner Feldspat, da er Einschlüsse enthält ebenso wie der Augit; außerdem enthält er wie alle natürlichen Labradorite etwas Kali infolge isomorpher Beimengung, was aber nicht als Unreinheit aufzufassen ist.

Außer den Schmelzpunkten der Mineralgemenge (1) und jenen der bereits zusammengeschmolzenen und wieder erstarrten Gemenge habe ich die Erstarrungspunkte der wichtigsten Mischungen neu bestimmt. Dies geschah derart, daß diese in einem Gasofen geschmolzen, dann in einen elektrischen Ofen, dessen Temperatur möglichst konstant gehalten wurde und ungefähr 150° unter dem Schmelzpunkt des Gemenges gelegen war, rasch übertragen wurde und bei eingestecktem Thermoelement (ohne Schutzrohr) die Abkühlung der Schmelze beobachtet wurde. Der Endpunkt der Erstarrung wurde aber auch direkt geprüft, indem der Punkt notiert wurde, bei dem die Schmelze vollständig erstarrt war; dieser Punkt läßt sich leicht daran bestimmen, daß eben die Schmelze vollkommen hart ist.

Bei den Erstarrungspunkten darf aber nicht vergessen werden, daß der untere Punkt niemals ganz verläßlich ist, weil er von der Unterkühlung abhängt, welche wieder von mehreren Faktoren abhängig ist.

Die Resultate der jetzigen und früheren Untersuchung stelle ich hier zusammen. Hiebei wurde für die kristallinen Mineralgemenge das Mittel genommen, weil hier der obere Schmelzpunkt, bei welchem die letzten Kristalle verschwinden, überhaupt nicht zuverlässig bestimmt werden kann. Ich habe außer den früher untersuchten Mischungen auch die Mischung 3 Augit und 1 Labradorit und 3 Labradorit, 1 Augit untersucht.

Aus den Beobachtungen geht hervor, daß der eutektische Punkt ungefähr bei 25 Augit, 75 Labradorit liegt und daß bei hohem Augitgehalt (75%) wieder eine kleine Erniedrigung stattfindet; auch zeigt sich, daß die Kurven, sowohl die der Schmelzpunkte der Gläser als die der Erstarrungspunkte, ziemlich flach verlaufen, was auf Unregelmäßigkeiten durch Dissoziation und vielleicht auch durch Bildung isomorpher Mischkristalle schließen läßt.

Digitized by Google

Was die Ausscheidungsfolge anbelangt, so hat die eutektische Mischung keine vorwiegende Bedeutung für dieselbe, trotzdem gerade hier eigentlich eine solche zu erwarten wäre, denn die Kristallisationsgeschwindigkeit beider ist nicht so sehr verschieden, aber wir haben offenbar Ausscheidung im unterkühlten Zustande, daher labiles Gleichgewicht und dann kann sich bald die eine, bald die andere Komponente früher ausscheiden.

Im allgemeinen beobachtet man aber doch, daß der Augit eher sich ausscheidet und daß dort, wo der Labradorit stark überwiegt, gewöhnlich Einschlüsse von Augit in Labradorit sich bilden, während oft nach der Labradoritausscheidung noch die von Augit anhält. Selten sind die Fälle, wo bei überwiegendem Augit die Reihenfolge Augit-Labradorit-Augit eintritt, welche einem labilen Gleichgewicht entsprechen würde.

Dem Einwurfe Vogt's, welcher meine Ausscheidungsregel (die mit der von Rosenbusch aufgestellten übereinstimmt) deswegen bekämpft, weil die eutektischen Punkte nicht durch die Schmelzpunkte kristalliner Mischungen, sondern durch die der Gläser bestimmt waren, kann ich jetzt entgegensetzen, daß mit Ausnahme des störenden Falles der Unterkühlung auf dem untersten Erstarrungspunkt die Schmelzkurven der Gläser jenen der Erstarrungspunkte parallel gehen, daß also die Schmelzpunkte der Gläser nicht ohne Wert sind, wie J. H. Vogt meinte. In anderen recht zahlreichen Fällen habe ich aber nach seiner Methode die eutektische Mischung berechnet und dabei konstatieren können, daß die Ausscheidungsfolge jedenfalls nicht von dieser allein abhängt, wie Vogt glaubte.

Aus verschiedenen Bestimmungen des eutektischen Punktes Pyroxen-Plagioklas geht hervor, daß dieser für verschiedene chemische Zusammensetzung des Pyroxens und des Plagioklases sehr verschieden ist; die entsprechenden eutektischen Mischungen haben folgenden Wert:

Tonerde-Augit (Monti Rossi)-Labradorit (Kiew) . . . . . 75 : 35
Diopsid (Nordmarken)-Labradorit (Kiew) . . . . . 50 : 50
Hedenbergit-Anorthit (Pizmeda) . . . . . 83 : 17
Diopsid ($CaMgSi_2O_6$)-Anorthit ($CaAl_2Si_2O_8$) . . . . . 70 : 30

Digitized by Google

	Schmelzpunkt von Mineralgemengen	Schmelzpunkt erstarrter kristalliner Schmelzen	Schmelzpunkt der Gläser	Erstarrungspunkt der Schmelzen	
				oberer	unterer
Labradorit	1210 bis 1220°	—	—	—	1070°
90 Labradorit, 10 Augit	1260 » 90°	1175 bis 1190°	1120 bis 1135°	—	—
83,34 Labradorit, 16,66 Augit	1180 » 1190°	1175 » 1195°	1080 » 1100°	1080°	1030°
75 Labradorit, 25 Augit	—	1160 » 1185°	1070 » 1110°	1025°	985°
66,66 Labradorit, 33,34 Augit	1190 » 1200°	—	1090 » 1140°	1060°	1010°
50 Labradorit, 50 Augit	1185 » 1195°	1075 » 1190°	1120 » 1140°	1160°	1150°
33,34 Labradorit, 66,66 Augit	—	1170 » 1180°	1130 » 1170°	1100°	1010°

Digitized by Google

25 Labradorit, 75 Augit	1175 » 1200°	1170 » 1190°	1140 » 1165°	—	—
20 Labradorit, 80 Augit	—	1170 » 1195	—	1090°	1020°
16,66 Labradorit, 83,34 Augit	1185 » 1190°	1180 « 1195	1160 » 1175°	1130°	—
9,1 Labradorit, 90,9 Augit	1190 » 1200°	—	1160 » 1180°	—	—
4,5 Labradorit, 95,5 Augit	1180 » 1200°	—	1180°	—	—
Augit	1185 » 1200°	—	1175°	1185°	1100°

Digitized by Google

Im allgemeinen enthält die eutektische Mischung mehr Pyroxen als Plagioklas, trotzdem der Schmelzpunkt des letzteren höher ist als der des ersteren.

Da aber die verschiedenen Plagioklase und Pyroxene sehr große Schmelzpunktsdifferenzen zeigen, welche vielleicht 100° überschreiten, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß

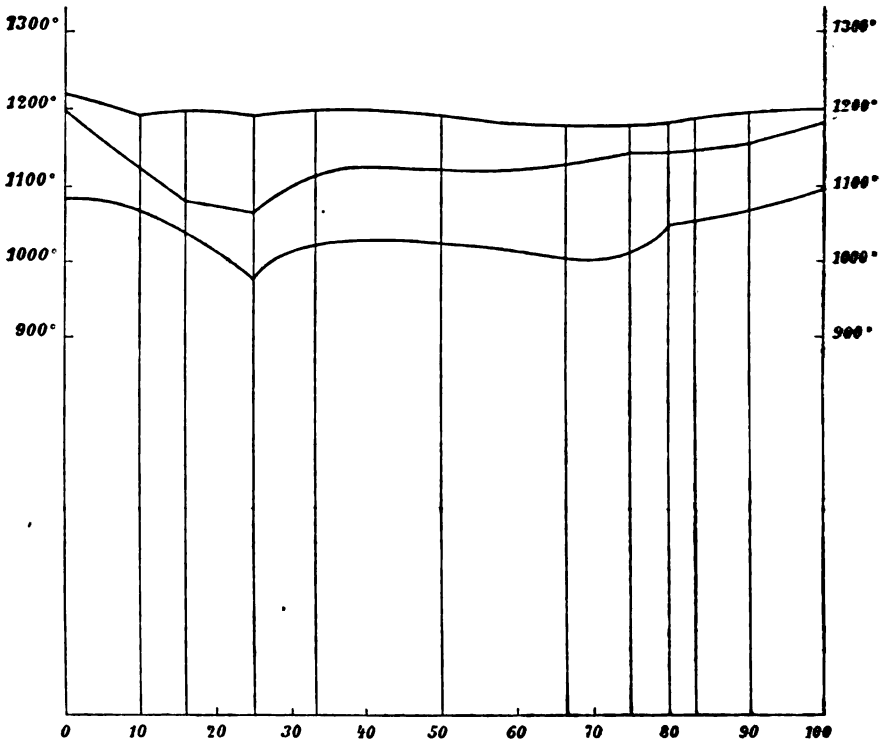


Fig. 6.

das eutektische Verhältnis der beiden Komponenten ungemein wechselt und daß es bald in der Nähe des Pyroxens, bald in der Nähe des Plagioklases liegt.

Wollte man also auf die Gesteine jene eutektischen Mischungen anwenden, so hätte man überdies durch Gegenwart dritter Komponenten noch weitere Schwankungen und man käme zu dem Resultat, daß für die Kombination Pyroxen-Plagioklas die eutektische Mischung zwischen 80 und 20 einerseits, zwischen 50 und 50 andrerseits liegt.

Digitized by Google

In Fig. 6 stellt die obere Kurve die Schmelzpunkte der Kristallgemenge, die mittlere Kurve die unteren Erweichungspunkte des Glases, die untere Kurve die Erstarrungspunkte dar.

Wir wissen nun, daß bei Plagioklas-Pyroxengesteinen (die aber immer noch eine dritte und vierte Komponente aufweisen) zumeist der Pyroxen zuerst auftritt, und dies ist nach den zahlreichen Versuchen, die ausgeführt wurden, zumeist der Fall; aber es kommt auch vor, daß unbeschadet des Mengenverhältnisses bald das eine, bald das andere zuerst sich ausscheidet. Solche Fälle habe ich mitunter bei der Kombination Augit-Labradorit-Magnetit beobachtet; die Ursache liegt wahrscheinlich in der Unterkühlung; in stark unterkühlten Schmelzen bildet sich bald die eine, bald die andere Komponente zuerst. Diese Unterkühlung wird auch dort von der größten Wichtigkeit sein, wo, wie bei Basalten, der Plagioklas sich zuerst abscheidet. Daneben kann auch immer noch das Mengenverhältnis wirken, also wahrscheinlich wirken mehrere Faktoren.

Bei diopsidartigen Pyroxenen, bei Natronaugiten bewirkt auch das kleinere Kristallisationsvermögen die spätere Ausscheidung, bei leicht schmelzbaren Natronaugiten überdies auch der Schmelzpunkt, da kein Körper sich über seinem Schmelzpunkt ausscheiden kann.

III. Beobachtungen eutektischer Mischungen unter dem Mikroskop.

Meine früheren Beobachtungen der Erstarrung von Mineralgemengen unter dem Mikroskop habe ich fortgesetzt und bei dieser Beobachtungsreihe namentlich mit Mischungen künstlicher Gemenge gearbeitet, wobei sowohl mit zwei als auch mit drei Komponenten experimentiert wurde.

1. Mischung von 70 Diopsid und 30 Anorthit.

Diese Mischung entspricht nach einer unveröffentlichten Arbeit des Herrn cand. Freis der eutektischen, sie hat die niedrigsten Schmelz- und Erstarrungspunkte.

2. Mischung von 70 Diopsidsilikat und 30 Anorthitsilikat.

Die Mischung hat die Zusammensetzung 70 $CaMgSi_2O_6$ und 30 $CaAl_2Si_2O_8$. Der Schmelzpunkt des Glases liegt bei

Digitized by Google

1160 bis 1290°. Es wird von 1210° an abgekühlt. Die Schmelze wird so dünnflüssig, daß sie vollkommen wasserhell erscheint.

Bei 1160° bilden sich plötzlich zahlreiche kleine, wasserhelle Mikrolithe, welche Diopsid sind.

Bei 1150° größere, stark brechende Diopsidnadeln mit Anorthit.

Bei 1145° Fortsetzung der Ausscheidung.

Bei 1140° fest. Zwischen den Kristallen liegt Glas.

Das Intervall ist hier also ein kleines. Anorthit war wenig entstanden, er steckt zumeist noch im Glas.

3. Mischung von 60 Diopsid und 40 Anorthit.

Das Schmelzpunktsintervall liegt bei 1205 bis 1250°, die Maximaltemperatur war 1265°. Bei der Abkühlung von 1265° auf 1165°, welche 35 Minuten dauerte, ergab sich folgendes:

1200° Beginn der Kristallausscheidung. Diopsid.

1190° starke Ausscheidung von Diopsid (kleine Nadeln).

1185° noch etwas Diopsid.

1185° Anorthit.

1180° Anorthit und Diopsid.

1170° kleine Nadeln von Anorthit.

1165° keine weiteren Ausscheidungen.

1160° alles ist fest, die Schmelze enthält noch viel Glas.

Bei der nachträglichen mikroskopischen Untersuchung ergab sich, daß die Schmelze ein filzartiges Gemenge von Diopsid mit wenig Anorthit darstellte, dazwischen war noch viel Glas.

4. Mischung von Diopsid-, Olivin- und Anorthitsilikat im Verhältnis 60·8 : 26·1 : 13.

Es waren hier die Silikate $CaMgSi_2O_6$, $\left\{\begin{matrix} Mg_2SiO_4 \\ FeSiO_4 \end{matrix}\right\}$ und $CaAlSi_2O_8$ angewendet worden; erstere beide stehen im Verhältnis 70 : 30, welches das eutektische ist. Der Schmelzpunkt des Glases ist 1190 bis 1230°. Nachdem auf 1270° erhitzt worden war, wird abgekühlt.

Bei 1205° bilden sich Olivinnadeln.

» 1195° ebenso mit etwas Diopsid.

Digitized by Google

Bei 1190° bildet sich Diopsid und wenig Anorthit.
» 1185° ebenso.
» 1180° noch Diopsidbildung.
» 1170° alles fest.

Es ergab sich ein Gemenge von Olivin und Diopsid mit wenig Anorthit und Glas.

5. Mischung von 72 Albitsilikat, 18 Olivinsilikat und 10 Nephelinsilikat.

Die Silikate entsprechen den Mischungen $NaAlSi_3O_8$. $\left\{\begin{matrix}7\,Mg_2SiO_4\\Fe_2SiO_4\end{matrix}\right\}$, $K_2Na_6Al_8Si_9O_{34}$. Schmelzpunkt zwischen 1080 und 1120°.

Die erste Ausscheidung beginnt bei 1180°, es sind Olivinskelette. Bei 1060° bilden sich noch diese und Nephelin. Bei 1050° starke Nephelinausscheidung in Skeletten. Bei 1040° ist diese noch nicht ganz beendet, während bei 1030° alles fest ist, wobei noch viel Glas übrig bleibt.

6. Mischung von Diopsid-, Olivin- und Nephelinsilikat im Verhältnis 78·3 : 8·7 : 13·0.

Es war hier der Mischung 90 Diopsid zu 10 Olivin 15 Teile Nephelin zugesetzt worden, woraus sich dann obiges Verhältnis ergab. Angewendet wurden Mischungen, entsprechend der Zusammensetzung $CaMgSi_2O_6$ für Diopsid, Mg_2SiO_4 für Olivin und $K_2Na_6Al_8Si_9O_{34}$ für Nephelin. Der Schmelzpunkt des Glases liegt zwischen 1150 und 1210°.

Nachdem auf 1280° erhitzt worden war, erfolgte die erste Ausscheidung bei 1060°; es schienen zuerst einzelne Olivinmikrolithe sich abzuscheiden, dann aber fast gleichzeitig massenhaft Diopsid, der auch bis zur Abkühlung auf 1040° noch sich ausscheidet. Bei 1020°, vielleicht bei 1010° ist alles fest. Nephelin hatte sich nicht abgeschieden.

7. Mischung von gleichen Teilen Diopsid- und Nephelinsilikat.

Die Silikate haben die Zusammensetzung $CaMgSi_2O_6$ und $K_2Na_6Al_8Si_9O_{34}$. Der Schmelzpunkt liegt zwischen 1000 und

Digitized by Google

1050°. Nachdem die Schmelze auf 1095° erhitzt worden war, wurde sie langsam abgekühlt.

Bei 1000° bilden sich einzelne Diopsidkristalle.

» 990° stärkere Ausscheidung.

» 960° Diopsid neben Nephelin.

» 955° Nephelinskelette.

» 950° Erstarrung des restlichen Glases.

8. Mischung von 10 Anorthit, 27 Olivin und 63 Orthoklas.

Hiebei wurden nicht die Mineralien, sondern künstliche Mischungen, entsprechend $10\,CaAl_2Si_2O_8$, 27 Teile einer der Olivinzusammensetzung $\left\{\begin{matrix}7\,Mg_2SiO_4\\Fe_2SiO_4\end{matrix}\right\}$ entsprechenden Verbindung und 63 Teile $KAl_2Si_3O_8$ verwendet.

Der Schmelzpunkt der glasigen Mischung liegt zwischen 1140 und 1170°. Bei der Abkühlung bildeten sich erst bei 1120° Kristalle von Olivin, zumeist skelettartige, nämlich unter 90° sich schneidende, sehr lange Nadeln; bei 1100° findet eine Ausscheidung von Anorthit statt, die sich bis 1090° fortsetzt. Es erscheinen noch radialfaserige Gebilde bei 1085°, die nach der späteren Untersuchung sich als Orthoklase herausstellten. Von 1080 bis 1070° wird das Glas starr.

Hier hat sich also Orthoklas gebildet, ein seltener Fall, der aber durch die Abnahme der Viskosität erklärlich ist, der wenig viskose Olivin wirkt als »Kristallisator«. Ähnliches hatte ich schon früher beobachtet und Lenarčič hatte ebenfalls Albit durch Zugabe von Magnetit erhalten.

Nachtrag zu p. 14. Durch Prof. F. Becke erhielt ich Labradorit von St. Rafael (Var), welcher bei 1190° zu schmelzen beginnt und bei 1260° glasig zähflüssig ist.

Digitized by Google

Tafelerklärung.

Tafel I.

Aufnahmen unter dem Kristallisationsmikroskop gemacht.

1. Anorthit von Japan, zum Teil geschmolzen, bei 1310° aufgenommen.
2. Anorthit, geschmolzen, aufgenommen bei 1360°.
3. Labradorit von Labrador, bei 1250° aufgenommen.
4. Labradorit von Labrador, bei 1270° aufgenommen.
5. Labradorit, geschmolzen und bis 1200° abgekühlt, bei 1200° aufgenommen.

Tafel II.

1. Anorthit von Japan, geschmolzen, bis 1360° erhitzt und abgekühlt.
2. Anorthit vom Vesuv, bis 1350° erhitzt und abgekühlt.
3. Anorthit von Japan, bis 1360° erhitzt und abgekühlt (2. Versuch).
4. Anorthit von Japan, vor dem Versuch aufgenommen.
5. Labradorit von der Szuligata, auf 1260° erhitzt und wieder abgekühlt.

Digitized by Google

Digitized by Google

Beiträge zur Kenntnis der mittel- und obertriadischen Faunen von Spiti

von

Dr. **C. Diener.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. April 1906.)

Obschon seit der Publikation der Ergebnisse jener Untersuchungen, denen das von der Expedition in den Zentralhimalaya von Painkhanda und Johar im Jahre 1892 gesammelte Material an Triasfossilien zu Grunde lag,[1] nur eine verhältnismäßig kurze Spanne Zeit verflossen ist, hat doch unsere Kenntnis der Himalaya-Trias seither in mehrfacher Richtung eine erhebliche Förderung erfahren. Besondere Bedeutung kommt in dieser Hinsicht der geologischen Neuaufnahme von Spiti zu, die von H. Hayden und dem so früh verstorbenen Dr. A. v. Krafft in den Jahren 1898 bis 1901 durchgeführt wurde. Über die stratigraphischen Resultate jener Neuaufnahme haben die beiden genannten Beobachter ausführlich berichtet.[2] Das gesamte Material an Fossilien der mittleren und oberen Trias wurde mir nach dem Tode A. v. Krafft's von der Direktion der Geological Survey of India zur Bearbeitung übergeben. Die Bearbeitung dieser Aufsammlungen, die zum überwiegenden Teile neues Material enthielten, ist nunmehr abgeschlossen, so daß auf Grund derselben eine Übersicht der Faunen gegeben und ein Vergleich

[1] Es sei hier insbesondere auf meinen Reisebericht im 62. Bande der Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wiss. (1895), p. 533 bis 608, auf E. v. Mojsisovics, »Beiträge zur Kenntnis der obertriadischen Cephalopodenfaunen des Himalaya« (ibid. 63. Bd., 1896, p. 575 bis 701, und auf Bd. II und III der XV. Serie der Palaeontologia Indica (Himalayan Fossils) verwiesen.

[2] A. v. Krafft: »Stratigraphical notes on the mesozoic rocks of Spiti«, General Report Geol. Surv. of India for 1899/1900, p. 199 bis 230. H. Hayden: »The geology of Spiti«. Memoirs Geol. Surv. of India, Vol. XXXVI, Pt. 1.

Digitized by Google

mit den von der Expedition des Jahres 1892 studierten Profilen des Bambanag und Shalshal Cliff durchgeführt werden kann. Durch diese Bearbeitung haben die stratigraphischen Ergebnisse der Untersuchungen A. v. Krafft's in allen wesentlichen Punkten eine volle Bestätigung erfahren.

Ich werde zunächst die einzelnen, über der skythischen Serie folgenden Triasfaunen beschreiben und dann auf eine Parallelisierung derselben mit den im Zentralhimalaya von Johar und Painkhanda ermittelten Triasniveaus näher eingehen.

I. Anisische Stufe (Muschelkalk im engeren Sinne).

Aus A. v. Krafft's Profilen ergibt sich eine Dreigliederung der von den älteren Beobachtern als »Muschelkalk« zusammengefaßten Schichten im Himalaya. Die ganze Schichtgruppe hat in Spiti, ebenso wie in den östlicheren Teilen des Zentralhimalaya, eine Mächtigkeit von 100 engl. Fuß. Die obersten 30 Fuß enthalten die reiche Cephalopodenfauna, die von mir im 2. Teile des II. Bandes der Himálayan Fossils beschrieben wurde.[1] Darunter folgt der Horizont der *Spiriferina Stracheyi* mit einer zweiten Cephalopodenfauna, dann eine ungefähr 60 Fuß mächtige Masse eines fast fossilleeren Knollenkalkes, an dessen Basis der Brachiopodenhorizont der *Rhynchonella Griesbachi* liegt.

Als Ausgangspunkt für eine Parallelisierung mit außerindischen Triasbildungen eignet sich nur der Horizont des oberen Muschelkalkes mit seiner reichen Cephalopodenfauna, die ich bereits im Jahre 1895 als ein homotaxes Äquivalent der Zone des *Ceratites trinodosus* Mojs. angesprochen habe. Durch die Neuaufsammlungen Hayden's und A. v. Krafft's hat sich die Zahl der Arten dieses Niveaus auf 126 erhöht, von denen mehr als neun Zehntel auf die Klasse der Cephalopoden entfallen. Numerisch spielt unter den Ammoniten *Ceratites* die bedeutendste Rolle. Diese Gattung ist durch 10 Subgenera mit 41 Arten vertreten. Auch *Ptychites*, *Gymnites* und *Beyrichites* zeichnen sich durch einen bemerkenswerten Formenreichtum aus.

---

[1] Nachträge in Vol. V, Pt. 2 der »Himálayan Fossils« (Palaeontologia Indica, ser. XV).

Digitized by Google

Im Jahre 1895 waren mir neben einer größeren Anzahl nahe verwandter nur drei mit alpinen Formen identische Spezies aus dem oberen Muschelkalk des Himalaya bekannt, nämlich:

Orthoceras campanile Mojs.,
Sturia Sansovinii Mojs.,
Proarcestes Balfouri Opp. (= *P. Escheri* Mojs.).

Diesen sind als bestimmt oder wahrscheinlich identisch nunmehr hinzuzufügen:

Ceratites trinodosus Mojs., der mit *C. Thuilleri* Opp. durch Übergangsformen verknüpft ist,
Japonites cf. *Dieneri* Martelli,
Joannites cf. *proavus* Dien.,
Acrochordiceras cf. *Carolinae* Mojs.,
Monophyllites sphaerophyllus v. Hauer,
Gymnites incultus Beyr.,
» cf. *Humboldti* Mojs.,
Anagymnites cf. *acutus* v. Hauer,
Germanonautilus cf. *salinarius* Mojs.,

ferner die nachstehenden Brachiopodenarten, die zu den häufigsten und verbreitetsten des alpinen Muschelkalkes gehören:

Coenothyris vulgaris Schloth.,
Mentzelia Mentzelii Dunk.,
Spiriferina Koeveskalliensis Suess.

Die nahen Beziehungen dieses indischen Cephalopodenniveaus zu der Zone des *Ceratites trinodosus* in der alpinen Trias erscheinen durch diese Tatsachen außer Zweifel gestellt.[1]

Dagegen erscheinen die Beziehungen der Trinodosusfauna des Himalaya zu den Faunen der arktisch-pazifischen Triasregion weniger enge, als ich im Jahre 1895 voraussetzen zu dürfen glaubte. Allerdings bleibt noch immer eine charakteristische Art, *Beyrichites affinis* Mojs., beiden Regionen ge-

[1] Es dürfte sonach die Annahme einer Verbindung der indischen und mediterranen Triasprovinz, die während der skythischen Epoche unterbrochen war, zur Zeit des oberen Muschelkalkes kaum zu umgehen sein.

Digitized by Google

meinsam und zeigt die Gruppe der indischen *Ptychites rugiferi* zu ihren Vertretern im Muschelkalk von Spitzbergen die nächste Verwandtschaft. Dagegen ist der phylogenetische Zusammenhang der Untergattung *Hollandites*, welcher die Mehrzahl der eigentlichen Leitformen des indischen Muschelkalkes angehört, mit der arktischen Gruppe des *Ceratites polaris* sehr zweifelhaft geworden. Auch die indischen Vertreter der Gattung *Japonites* stehen dem japanischen *J. planilateratus* weniger nahe als den in den letzten Jahren in den europäischen Triasbildungen entdeckten Repräsentanten jenes Genus.

Die Zahl der der indischen Triasprovinz zur Zeit der anisischen Stufe eigentümlichen Faunenelemente hat durch die Untersuchung des neuen Materials keine wesentliche Veränderung erfahren. Zu diesen Elementen gehören die Gruppen des *Ptychites Gerardi* Blanf. und *Pt. Malletianus* Stol., die Gattung *Buddhaites* Dien., unter den Ceratiten die Subgenera *Pseudodanubites* Hyatt, *Haydenites* Dien., *Salterites* Dien. und die Mehrzahl der *Ceratites circumplicati*, insbesondere die Untergattung *Hollandites*.

Unter der die Trinodosuszone repräsentierenden Cephalopodenfauna liegt in Spiti die Fauna des Horizonts der *Spiriferina Stracheyi* Stol. Dieser Horizont ist von verhältnismäßig geringer Mächtigkeit. An der Basis überwiegen Cephalopoden, in den höheren Lagen Brachiopoden, doch mischen sich beide Faunengruppen und können nicht als selbständige Horizonte abgetrennt werden. Das nachstehende Profil, das A. v. Krafft in der Nähe von Lilang aufgenommen hat, läßt diese Verhältnisse deutlich erkennen:

4. Oberer Muschelkalk mit der Cephalopodenfauna der Trinodosuszone ..... 22 Fuß

3.
- *f)* Graue Kalke mit *Hollandites Ravana* ..... 16 Zoll
- *e)* Grauer Knollenkalk ..... 6 Zoll
- *d)* Kalk mit *Spiriferina Stracheyi* ..... 4 Zoll
- *c)* Grauer Kalk ..... 3 Zoll
- *b)* Grauer Kalk mit der Cephalopodenfauna des *Keyserlingites Dieneri* ..... 4 Zoll
- *a)* Dünne Lage von grauem Kalk und Schiefer ... 3 Fuß

Digitized by Google

2. Knollenkalk (Nitikalk Noetling)
- Obere Abteilung ..... 30 Fuß
- .....
- Untere Abteilung
  - *b)* Lager der *Ceratites* sp. ind.
  - *a)* Lager des *Tirolites* cf. *injucundus* Krafft..... } 30 Fuß

1. Kalke mit *Rhynchonella Griesbachi*..... 3 Fuß.

Die Brachiopodenfauna des Horizonts der *Spiriferina Stracheyi* ist von Bittner (Himálayan Fossils, Vol. III, Pt. 2) beschrieben worden. Das charakteristischeste Element in der Cephalopodenfauna ist die eine Reihe von Parallelformen zu der Gruppe der *Ceratites subrobusti* enthaltende Ceratitengruppe des *Keyserlingites (Durgaites) Dieneri* Mojs. Keine dieser Formen des Himalaya kann, wie ich an anderer Stelle [1] näher ausgeführt habe, mit einem der sibirischen Keyserlingiten identifiziert werden, obwohl in der Gestalt und Skulptur der Schlußwindungen vollständige Übereinstimmung besteht. Auf das Alter der Triasschichten Nordsibiriens mit *Ceratites (Keyserlingites) subrobustus* sind daher Schlußfolgerungen aus dem Altersverhältnis der indischen Ablagerungen mit *Keyserlingites Dieneri* nicht zulässig.

Das interessanteste Element der Fauna mit *Keyserlingites Dieneri* sind, wie schon A. v. Krafft betont hat, sechs Ammonitenspezies, die mit solchen aus dem roten Klippenkalk des Middlemiss Crag am Chitichun Nr. 1 in Tibet übereinstimmen. Es sind dies die folgenden:

Florianites Kansa Dien,
Japonites Ugra Dien.,
Monophyllites Kingi Dien.,
» *Confucii* Dien.,
» *Hara* Dien.,
» *Pradyumna* Dien.

Die Zuweisung der Fauna des Middlemiss Crag zum unteren Muschelkalk, die seinerzeit lediglich auf Grund der

[1] Diener, Über einige Konvergenzerscheinungen bei triadischen Ammoneen. Diese Sitzber. Bd. CXIV, 1905, p. 681 ff.

Digitized by Google

Prüfung des Gesamtcharakters jener Fauna vorgenommen werden konnte, erscheint somit durchaus begründet.

Eine Ammonitenart, *Sibirites Prahlada* Dien., ist diesem Horizont und den Schichten mit *Rhynchonella Griesbachi* gemeinsam.

Endlich haben sich in der Fauna des *Keyserlingites Dieneri* auch Vertreter von zwei Ammonitengattungen, *Stacheites* Kittl und *Dalmatites* Kittl gefunden, die bisher nur aus der unteren Trias der Ostalpen bekannt waren.

Die Zahl der mit dem oberen Muschelkalk des Himalaya gemeinsamen Cephalopodenarten ist gering. Jedenfalls ist an der stratigraphischen Selbständigkeit des Horizonts der *Spiriferina Stracheyi* kein Zweifel möglich. Eine Parallelisierung desselben mit der Zone des *Ceratites binodosus* im alpinen Muschelkalke dürfte gerechtfertigt sein, obgleich Beziehungen zwischen den Faunen der Zone des *Keyserlingites Dieneri* und dem alpinen *Binodosus*-Niveau kaum angedeutet erscheinen.

Da die Zone des *Ceratites binodosus* im alpinen Muschelkalk bereits eine verhältnismäßig hohe Lage einnimmt, so liegt es nahe, eine Vertretung für die fossilarme Hauptmasse des unteren alpinen Muschelkalkes (Horizont des *Dadocrinus gracilis*) in der großen Masse des Knollenkalkes zwischen den beiden Niveaus der *Spiriferina Stracheyi* und *Rhynchonella Griesbachi* zu suchen.[1] Es ist jedoch zu bemerken, daß von Hayden und A. v. Krafft gegen das anisische Alter der ganzen Masse des Knollenkalkes (Etage 2 in dem oben erwähnten Profil von Lilang) Zweifel geltend gemacht worden sind. Diese Zweifel stützen sich auf die Funde von einigen Ammonitenfragmenten durch Hayden im Jahre 1901. Diese Fragmente stammen aus zwei Bänken des Knollenkalkes, von denen die eine knapp über den Schichten mit *Rhynchonella Griesbachi*, die andere 30 Fuß höher, fast in der Mitte der Knollenkalkmasse liegt.

Eines der Bruchstücke wurde von A. v. Krafft mit einer Ceratitenspezies aus den untertriadischen Hedenstroemia beds

[1] Für diesen Knollenkalk hat Noetling (»Die asiatische Trias«, Lethaea geognostica, Bd. II, 1. Teil, 2. Lfg., p. 139) den Namen »Nitikalk« vorgeschlagen.

Digitized by Google

(skythische Stufe) von Muth, ein anderes mit *Tirolites injucundus* (Manuskript) aus derselben Schichtgruppe identifiziert. Auf Grund dieser Funde ist A. v. Krafft geneigt, die Schichten mit *Rhynchonella Griesbachi* noch der skythischen Stufe zuzuweisen und die Grenze zwischen Muschelkalk und unterer Trias mitten durch die Masse der Knollenkalke zu ziehen, wie ich dies in dem Profil von Lilang angedeutet habe.

Die erwähnten Fossilien sind mir bisher ebensowenig als das übrige aus der skythischen Stufe von Spiti neu aufgesammelte Material vorgelegen. Ich muß daher eine Entscheidung dieser Frage vorläufig zurückhalten. Gegen die Trennung der Schichten mit *Rhynchonella Griesbachi* und der Knollenkalke von der anisischen Stufe würde das Vorkommen von *Sibirites Prahlada* in den Horizonten der *Rhynchonella Griesbachi* und *Spiriferina Stracheyi* sprechen. Ein sicher begründetes Urteil über die Altersstellung der einigermaßen zweifelhaften basalen Glieder des indischen Muschelkalkes wird wohl erst auf Grund der Funde besser erhaltener und zahlreicherer Fossilreste abgegeben werden können.

2. Ladinische Stufe.

Die Vertretung ladinischer Bildungen in Spiti ist durch Hayden und A. v. Krafft mit voller Sicherheit festgestellt worden.

Die reichste ladinische Fauna liegt in den Daonella Shales, einem 160 Fuß mächtigen Komplex dünn geschichteter, dunkler Kalkschiefer, die allmählich in die obersten Lagen des Muschelkalkes übergehen. In dem ganzen Komplex sind *Daonella Lommeli* Wissm. und *Daonella indica* Bittn. häufig und weit verbreitet. In den tieferen Lagen sind auch Cephalopoden häufig.

Unter den 25 Cephalopodenarten dieses Horizonts sind 4 neu. Eine derselben gehört einem neuen Genus, *Thanamites*, an, das mit der äußeren Form eines *Arcestes* oder *Didymites* eine sehr einfache Suturlinie — besonders auffallend durch den engen, zweispitzigen Laterallobus — verbindet. Sieben Arten sind bereits aus den Triasablagerungen des Himalaya bekannt. Zwei derselben sind Nachzügler aus dem Muschel-

Digitized by Google

kalk *(Ptychites Gerardi* Blfd., *Proarcestes Balfouri* Opp.), vier sind von E. v. Mojsisovics teils aus dem Traumatocrinuskalk des Shalshal Cliff, teils aus dem Kalkstein am Ralphugletscher (Lissartal) beschrieben worden, nämlich:

Arpadites Rimkinensis Mojs.,
Rimkinites Nitiensis Mojs.,
» *Edmondii* Dien. (die beknotete Form des *R. Nitiensis* = *Ammonites floridus juv.* Salter),
Joannites Kossmati Dien. (= *J.* cf. *cymbiformis* v. Mojs. aus dem Traumatocrinuskalk).

Dazu kommen noch zwei von Bittner beschriebene Arten dieser von E. v. Mojsisovics der karnischen Stufe zugeteilten Bildungen:

Daonella indica Bittn.,
Spirifera hunica Bittn.

Diesen Formen mit karnischen Anklängen stehen nicht weniger als acht gegenüber, die mit solchen der Wengener Schichten in den Ostalpen direkt oder wenigstens mit großer Wahrscheinlichkeit identifiziert werden können, nämlich:

Daonella Lommeli Wissm.,
Hungarites Pradoi Mojs.,
Protrachyceras Archelaus Lbe.,
» *ladinum* Mojs.,
» cf. *longobardicum* Mojs.,
» cf. *regoledanum* Mojs.,
Anolcites cf. *Lazkói* Dien.,
Joannites cf. *tridentinus* Mojs.

Einige der hier aufgezählten Arten gehören zu den charakteristischesten Leitfossilien der Wengener Schichten. Dagegen sind Beziehungen zu der Fauna der Schichten von St. Cassian und Raibl nur spärlich angedeutet. So steht *Joannites Kossmati* dem *J. Joannis Austriae* Klipst., *Gymnites calosoma* Dien. dem *G. Breunneri* nahe. Im ganzen aber überwiegen die Beziehungen der Fauna der Daonella shales zu jener der Wengener Schichten so außerordentlich, daß sie in

Digitized by Google

einer Parallelisierung mit der longobardischen, nicht mit der cordevolischen Unterstufe ihren naturgemäßen Ausdruck finden müssen.

Wie Hayden gezeigt hat, ist der stratigraphische Zusammenhang der ladinischen Stufe in Spiti mit der Muschelkalkgruppe ein sehr inniger. Die obersten Bänke der letzteren enthalten bereits eine Fauna von ladinischem Gepräge. Der longobardische Charakter ist in dieser Fauna aus den obersten Bänken des lithologisch noch der Muschelkalkgruppe zugehörigen Kalkkomplexes nicht weniger deutlich ausgesprochen als in jener der Daonella shales. Allerdings fehlen einige wichtige Leitfossilien der Daonella shales, wie *Daonella Lommeli* und *Protrachyceras Archelaus*. Eine Vertretung der Fauna der Buchensteiner Schichten, beziehungsweise der fassanischen Unterstufe, ist mir bisher nicht bekannt geworden. Nur zwei ladinische Arten:

Protrachyceras Cautleyi Dien.,
Hungarites sp. ind. aff. *Mojsisovicsi* Boeckh.

zeigen entfernte Beziehungen zu solchen der Buchensteiner Schichten, die erstere Spezies zu der Gruppe des *P. recubariense* Mojs.

Da die Annahme einer stratigraphischen Lücke zwischen der anisischen und ladinischen Stufe in Spiti ausgeschlossen erscheint, so müssen Äquivalente der fassanischen Unterstufe in der Muschelkalkgruppe gesucht werden. Wahrscheinlich hat zur fassanischen Zeit keine selbständige, von der anisischen wesentlich abweichende Cephalopodenfauna das Meer der indischen Triasprovinz bevölkert.

Über den Daonella shales folgt in Spiti eine isopische Masse dunkler Kalksteine, deren untere und obere Abteilung — Daonella limestone und Halobia limestone — verschiedene Faunen führen. Aus dem Daonellenkalk sind folgende Formen bekannt geworden:

Traumatocrinus sp. ind.,
Daonella Lommeli Wissm.,
» *indica* Bittn.,

Digitized by Google

Daonella sp. ind. aff. *Cassianae* Mojs.,
Rhynchonella cf. *Rimkinensis* Bittn.,
Phloioceras deliciosum Dien.,
Styrites lilangensis Dien.,
Celtites trigonalis Dien.,
» *perauritus* Dien.,
Rimkinites Nitiensis Mojs.,
Monophyllites cf. *Wengensis* Klipst.,
Joannites Kossmati Dien.,
» cf. *Klipsteini* Mojs.

In dieser Fauna weist vor allem *Daonella Lommeli* sehr bestimmt auf die ladinische Stufe hin, da sie als ein Hauptleitfossil der Wengener Schichten und des Marmolatakalkes in den Ostalpen ausschließlich auf diese Stufe beschränkt ist. Drei Arten (*Rimkinites Nitiensis*, *Joannites Kossmati* und *Daonella indica*) hat der Daonellenkalk mit den unterlagernden Schiefern, aber auch mit den karnischen Traumatocrinuskalken des Shalshal Cliff gemeinsam. Auf karnisches Alter weist die überwiegende Mehrzahl der übrigen Formen — abgesehen von *Monophyllites Wengensis* — hin. Insbesondere sind die drei Gattungen *Traumatocrinus*, *Phloioceras* und *Styrites* in der alpinen Trias nur aus karnischen Schichten bekannt.

Ich halte es für wahrscheinlich, daß in dem Daonellenkalk die longobardische und die cordevolische Unterstufe vertreten sind. Da die relativ nicht zahlreichen Fossilien in dem mir vorliegenden Material von verschiedenen Fundorten stammen, so liegt vorläufig noch durchaus kein Beweis für die Einheitlichkeit der hier besprochenen Fauna vor.

III. Karnische Stufe.

Die obere Abteilung der großen, die Daonella shales überlagernden Masse dunkler Kalke (Halobia limestone) gehört unzweifelhaft der karnischen Stufe an. Wahrscheinlich findet innerhalb dieser Masse ein durchaus allmählicher Übergang longobardischer, cordevolischer und julischer Triasbildungen statt.

Das wichtigste Fossil des Halobienkalkes ist *Halobia comata* Bittn., die Hauptleitform der von Griesbach als

Digitized by Google

»Daonella beds« bezeichneten Schichtgruppe im Bambanag und Shalshal Cliff, deren julisches Alter E. v. Mojsisovics sichergestellt hat. Zusammen mit dieser Bivalvenart fand sich ein riesiges Exemplar eines *Joannites* mit sehr komplizierter Suturlinie, dessen Verwandtschaft ebenfalls auf karnische Typen hinweist.

Die julische Unterstufe ist in Spiti von sehr bedeutender Mächtigkeit. Auch die 500 Fuß mächtige, über dem Halobienkalk folgende Gruppe grauer Schiefer und dünn geschichteter Kalke, die A. v. Krafft und Hayden unter dem Namen der »Grey beds« zusammengefaßt haben, enthält Faunen julischen Alters.

In den Grey beds sind zwei fossilführende Horizonte bekannt. Der tiefere liegt nahe der Basis und hat folgende Cephalopodenfauna geliefert:

Trachyceras sp. ind. (aus der Gruppe der *Tr. acanthica*),
Trachyceras sp. aff. *Ariae* Mojs.,
Carnites floridus Wulf.,
» *nodifer* Dien. (die beknotete Varietät des *C. floridus* mit breiter Externseite)
Monophyllites sp. aff. *Simonyi* v. Hauer,
Joannites cymbiformis Wulf.

An dieser kleinen Fauna fallen die nahen Beziehungen zu der alpinen Fauna der Aonoideszone zunächst auf. *Joannites cymbiformis*, der häufigste Ammonit dieses Cephalopodenlagers, *Carnites floridus* und *C. nodifer* sind wohlbekannte Leitfossilien jener Zone. Auch die leider nur in Bruchstücken erhaltenen, aber häufigen Trachyceraten stehen julischen Arten nahe. Über die Homotaxie des basalen Ammonitenhorizonts der Grey beds mit der julischen Zone des *Trachyceras Aonoides* kann demnach kein Zweifel bestehen.

Der zweite fossilführende Horizont in den Grey beds liegt zirka 300 Fuß über dem vorigen. Er enthält zahlreiche Reste von Bivalven und Brachiopoden. Das einzige aus demselben bekannt gewordene Ammonitenfragment ist von A. v. Krafft auf die juvavische Gattung *Distichites* bezogen worden, gehört

Digitized by Google

jedoch sicher einem anderen Genus, wahrscheinlich *Paratropites* an.

Die Lamellibranchiaten bestehen, von einigen spezifisch unbestimmbaren Schalen von *Gonodon* und *Lima* abgesehen, ausschließlich aus Vertretern von zwei neuen, in mehrfacher Hinsicht eigenartigen Gattungen. Die eine derselben, *Lilangina*, erreicht bedeutende Dimensionen und erinnert einigermaßen an *Cassianella*, von der sie jedoch durch den glatt abgestutzten Vorderrand und den vollständigen Mangel eines vorderen Ohres unterschieden ist. Die andere, *Pomarangina*, gleicht einer ungleichklappigen *Pachycardia* ohne Diagonalkiel, deren Schloßzähne verkümmert sind.

Anhaltspunkte für eine Altersbestimmung liefern dagegen die Brachiopoden, unter denen eine erhebliche Zahl mit alpinen Formen identisch oder sehr nahe verwandt sind. Die meisten derselben weisen auf die cordevolische oder julische Unterstufe hin, so insbesondere:

Austriella sp. aff. *nux* Suess,
Rhynchonella cf. *semiplecta* Muenst.,
» cf. *bajuvarica* Bittn.,
» *himaica* Dien. (der *Rh. subacuta* Muenst. sehr nahestehend),
Spiriferina gregaria Suess,
Dielasma julicum Bittn.

Bemerkenswert ist das Zusammenvorkommen dieser Formen mit Typen, die man eher im Muschelkalk als in obertriadischen Bildungen erwarten würde. Zu solchen gehören *Rhynchonella Freshfieldi* Dien. aus der Gruppe der anisischen *Rh. trinodosi* Bittn., *Spiriferina orophila* Dien. aus der Verwandtschaft der *Sp. avarica* Bittn. aus dem Muschelkalk des Bakony, endlich die echte *Mentzelia Mentzelii* Dunk., die auch Bittner bis in die Veszprémer Mergel des Bakony als seltenen Nachzügler verfolgt hat.

Keinesfalls bietet diese Brachiopodenfauna Anlaß zu einer Parallelisierung mit Bildungen der tuvalischen Unterstufe. Wir sind vielmehr berechtigt, die Grey beds in ihrer Gesamtheit als

Digitized by Google

ein Äquivalent der Aonoideszone, beziehungsweise der julischen Unterstufe anzusprechen.

Der nächste fossilführende Horizont über den Grey beds sind die Tropites shales. Sie bilden eine 600 Fuß mächtige Schichtfolge von grauen Schiefern und splittrigen dunklen Kalken. Das Fossillager der Tropites shales befindet sich 900 Fuß über dem basalen Cephalopodenlager der Grey beds in einer 15 Fuß mächtigen Bank von Knollenkalk, Die Fauna setzt sich aus folgenden Arten zusammen:

Clydonautilus acutilobatus Dien.,
Germanonautilus cf. *Breunneri* v. Hauer,
Styrionautilus cf. *Sauperi* v. Hauer,
Pleuronautilus sp. ind. aff. *Wulfeni* Mojs.,
Tropites cf. *subbullatus* v. Hauer,
» *discobullatus* Mojs.,
» cf. *torquillus* Mojs.,
» sp. aff. *Paracelsi* Mojs.,
Paratropites tikhensis Dien.,
Trachysagenites cf. *Herbichi* Mojs.,
» *galeatus* Dien.,
Eutomoceras sp. aff. *Plinii* Mojs.,
Anatomites cf. *Bacchus* Mojs.,
Jovites spectabilis Dien.,
» cf. *siculus* Gemm.,
Sandlingites nov. sp. aff. *Reyeri* Mojs.,
» » » » *Castellii* Mojs.,
Clionites heraclitiformis Dien.,
Proarcestes cf. *Gaytani* Klipst.

Das tuvalische Gepräge dieser Fauna ist unverkennbar. Mehr als die Hälfte aller von Hayden und A. v. Krafft in diesem Niveau gesammelten Ammoniten, die allerdings leider nur selten eine sichere spezifische Bestimmung zulassen, gehört der Gattung *Tropites* an. Auch die übrigen Gattungen der Gruppe sind für ein oberkarnisches Niveau bezeichnend. Eine Beimischung jüngerer Typen fehlt durchaus. Die diesbezüglichen Angaben A. v. Krafft's haben sich nicht bestätigt. Die Exemplare von *Clydonautilus* aus den Tropites shales sind von

Digitized by Google

Proclydonautilus Griesbachi Mojs. aus der tiefsten juvavischen (norischen) Schichtgruppe des Bambanag Profils (Hauerites beds *antea*) durchaus verschieden. Die von A. v. Krafft zu *Parajuvavites* gestellten Ammoniten gehören ausnahmslos der karnischen Gattung *Jovites* an. Gerade die durch ihre Häufigkeit bezeichnendsten Faunenelemente der Tropites shales sind für die Zone des *Tropites subbullatus* in den Hallstätter Kalken charakteristisch, so die in dem obigen Verzeichnis angeführten Vertreter der Gattungen *Tropites, Jovites, Trachysagenites, Clionites* und *Anatomites*. Die Tropites shales repräsentieren daher ohne Zweifel in der Trias von Spiti die tuvalische Unterstufe.

Die vollständige Abwesenheit einer Beimischung juvavischer Faunenelemente in den Tropites shales von Spiti ist für eine richtige Auffassung der bathrologischen Stellung des Tropitenkalkes von Byans von großer Bedeutung. Sie zeigt deutlich, daß die überraschende Assoziation karnischer und juvavischer Typen in der Fauna des Tropitenkalkes von Byans auch in der Himalaya-Trias einen Ausnahmefall darstellt und daß der letztere daher keineswegs nur mit der tuvalischen Zone des *Tropites subbulatus* parallelisiert werden darf. Er ist vielmehr trotz seiner geringen Mächtigkeit als ein homotaxes Äquivalent tuvalischer und lacischer Bildungen zu betrachten.

In die tuvalische Unterstufe muß auch ein über den Tropites shales folgender, 300 Fuß mächtiger Komplex dolomitischer Kalksteine verwiesen werden. Die spärlichen Fossilreste umfassen Brachiopoden und Bivalven von mittel-, beziehungsweise oberkarnischem Habitus, darunter:

Dielasma julicum Bittn.,
Terebratula sp. ind. aff. *piriformis* Suess,
Lima cf. *austriaca* Bittn.,
Daonella aff. *styriaca* Mojs.,
Halobia aff. *superba* Mojs.

Die Gesamtmächtigkeit der tuvalischen Bildungen in Spiti ist demnach auf wahrscheinlich 900 Fuß, jene der karnischen Bildungen überhaupt auf mindestens 1600 Fuß zu veranschlagen.

Digitized by Google

IV. Juvavische (norische) Stufe.

Die juvavische Stufe zerfällt in Spiti in vier stratigraphisch deutlich geschiedene Abteilungen, von denen aber nur die tiefste eine Cephalopodenfauna enthält. Die Cephalopoden führenden Schichten sind braune Kalke mit zwischengelagerten Sandsteinen und Schiefern. In ihren tieferen Lagen enthalten sie Reste von Bivalven und Brachiopoden, auch vereinzelte Ammonitenfragmente, in den oberen Lagen sind sie reich an allerdings meist schlecht erhaltenen Ammoniten. Das Leitfossil ist *Juvavites angulatus* Dien., der keinerlei nähere Verwandtschaft mit einer europäischen Art dieser Gattung aufweist. Er gehört zur Gruppe der *Juvavites continui*, erinnert aber in seiner Externskulptur an *Dimorphites*, indem die stark vorwärts gebogenen Rippen auf der Externseite in scharfem Winkel zusammenstoßen.

Die Cephalopodenfauna der Juvavites shales, die eine Gesamtmächtigkeit von 500 Fuß erreichen, umfaßt folgende Arten:

Paranautilus arcestiformis Dien.,
Pleuronautilus sp. aff. *Kossmati* Dien.,
» cf. *tibeticus* Mojs.,
Indonautilus cf. *Kraffti* Mojs.,
Dittmarites lilliformis Dien.,
» cf. *trailliformis* Dien.,
Clionites sp. ind. aff. *Hughesii* Mojs.,
Metacarnites Footei Dien.,
» *Hendersoni* Dien.,
Pinacoceras sp. aff. *parma* Mojs.,
Tibetites cf. *Ryalli* Mojs.,
Anatibetites Kelviniformis Dien.,
Paratibetites Tornquisti Mojs.,
» sp. aff. *Wheeleri* Dien.,
Rhacophyllites sp. ind.,
Juvavites sp. ind. aff. *Ehrlichii* Hauer,
» *angulatus* Dien.,
Anatomites sp. aff. *Melchioris* Mojs.,
» nov. sp. (Gruppe der *scissi*),

Digitized by Google

Anatomites sp. aff. *Caroli* Mojs.,
» sp. aff. *Alphonsi* Mojs.,
Atractites cf. *alveolavis* Quenst.

Trotz der Mangelhaftigkeit des leider meist schlecht erhaltenen Materials tritt der juvavische Typus der Fauna unzweifelhaft hervor. Solche juvavische Typen sind die Vertreter der Gattung der *Juvavites*, unter denen auch eine dem *J. Ehrlichii* nahestehende Form sich befindet, ein großes *Pinacoceras* aus der Gruppe des *P. parma*, eine *Dittmarites Lilli* Guembel sehr nahestehende Form dieses Subgenus, die Untergattung *Metacarnites*, die ich für die von E. v. Mojsisovics auf *Hauerites* bezogenen Ammonitenreste aus der Zone des *Proclydonautilus Griesbachi* aufgestellt habe, *Atractites* cf. *alveolaris*, endlich jene Arten, die mit solchen aus den lacischen Bildungen im Bambanag-Profil identisch oder nahe verwandt sind.

Die zwischen den Juvavites shales und dem Hochgebirgskalk (Dachsteinkalk) eingeschlossenen obertriadischen Bildungen zerfallen in drei natürliche Abteilungen: den Coral limestone, die Monotis beds und die Quartzite series. Sie sind arm an Fossilien und enthalten keine Cephalopodenfaunen.

Der Coral limestone, ein 100 Fuß mächtiger, grauer Korallenkalk, hat nur zwei Brachiopodenarten geliefert, nämlich:

Spiriferina Griesbachi Bittn.,
Rhynchonella bambanagensis Bittn.

Er wird überlagert von einer 300 Fuß mächtigen Gruppe von Schiefern und Kalksandsteinen, die den Juvavites shales lithologisch sehr ähnlich sind. Nach dem Hauptleitfossil, *Monotis salinaria* Schloth., werden diese Schichten von A. v. Krafft und Hayden als Monotis beds bezeichnet. Die Untersuchung des reichen, fast in allen Profilen gesammelten Materials an *Monotis*-Schalen hat ergeben, daß wirklich die echte *Monotis salinaria* vorliegt, die bis dahin wohl aus dem Pamir und aus Baluchistan, aber noch nicht aus dem Himalaya bekannt war. So interessant dieser Fund ist, so darf man doch seine Bedeutung für die Frage der Altersstellung der Monotis

Digitized by Google

beds nicht überschätzen. In den Hallstätter Kalken der Nordalpen scheint das massenhafte Auftreten von *Monotis salinaria* allerdings für die sevatische Unterstufe bezeichnend zu sein, aber in den oberkarnischen Hallstätter Kalken Süddalmatiens hat G. v. Bukowski[1] zahlreiche Stücke einer *Monotis* gesammelt, auf deren Übereinstimmung mit *M. salinaria* bereits von Bittner hingewiesen wurde und die ich vorläufig auf Grund persönlicher Untersuchung von jener Art zu unterscheiden außer stande bin.

Einige Cephalopodenbruchstücke aus den Monotis beds gehören der von mir aus dem Tropitenkalk von Byans beschriebenen Ammonitengattung *Trachypleuraspidites* an.

Die Monotis beds sind mit der hangenden Quartzite series, einer aus Quarziten mit zwischengelagerten Kalken und Schiefern bestehenden Stufe von 300 Fuß Mächtigkeit, faunistisch enge verbunden. Eine Anzahl von Brachiopoden- und Lamellibranchiaten ist beiden Horizonten gemeinsam. *Spiriferina Griesbachi* und *Rhynchonella bambanagensis* gehen aus dem Korallenkalk bis in die Quarzitstufe hinauf. Von wirklich bezeichnenden Leitfossilien sind nur *Monotis salinaria* auf die Monotis beds, *Spirigera* (?) *Maniensis* Krafft auf die Quarzitstufe beschränkt.

Den Abschluß der Obertrias bildet in Spiti wie im ganzen Himalaya eine gewaltige Masse wohl gebankter dolomitischer Kalke vom Habitus der ostalpinen Dachsteinkalke, die aber in Spiti, wie A. v. Krafft gezeigt hat, auch noch liasische (*Spiriferina obtusa* Oppel) und mitteljurassische Bildungen *Stephanoceras* cf. *coronatum* Brug.) einschließen. Die untere Abteilung dieser Kalkmasse (Para limestone Stoliczka's) ist reich an *Megalodon* und *Dicerocardium*, aber eine typische Fauna der rhaetischen Stufe ist bisher aus dem Himalaya nicht bekannt geworden.

Die Entwicklung mächtiger isopischer Massen von geschichteten Kalken, die aus der oberen Trias ohne wesentliche Änderung in den Lias hinaufreichen, erinnert an die stratigraphische Entwicklung in einzelnen Teilen der Kalkzone

[1] G. v. Bukowski, Verhandl. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1896, p. 105.

Digitized by Google

Südtirols, wo ebenfalls die triadischen von den liasischen Anteilen des Dachsteinkalkes nur sehr unsicher getrennt werden können.

Ein Vergleich der mittel- und obertriadischen Faunen von Spiti mit jenen der Profile des Shalshal und Bambanag Cliff in Painkhanda und Johar führt zu folgenden Ergebnissen.

Die anisische Stufe zeigt eine durchaus gleichartige Ausbildung und Faunenfolge. Auch im Bambanag- und Shalshal-Profil liegen, wie A. v. Krafft gezeigt hat, unmittelbar über den skythischen Hedenstroemia beds die Schichten mit *Rhynchonella Griesbachi*. Dann folgt eine gewaltige Masse fossilleeren Knollenkalkes und in ihrem Hangenden der Horizont der *Spiriferina Stracheyi* mit *Keyserlingites*. Erst der obere Muschelkalk enthält auch hier die Fauna der Trinodosuszone.

Der Traumatocrinuskalk ist wohl faunistisch, nicht aber lithologisch von der Muschelkalkgruppe zu trennen. E. v. Mojsisovics hat gezeigt, daß seine Fauna karnisches Alter besitzt und hat sie mit jener der Aonoideszone verglichen. A. v. Krafft hat die Identifizierung einiger Ammoniten des Traumatocrinuskalkes mit europäischen Formen (*Joannites* cf. *cymbiformis*, *Trachyceras austriacum* var. *tibetica*) beanständet, aber die Beweise für ein karnisches Alter nicht zu erschüttern vermocht. Wenn ich geneigt bin, dem Traumatocrinuskalk eher ein unterkarnisches (cordevolisches) als ein mittelkarnisches (julisches) Alter zuzuschreiben, so geschieht es hauptsächlich mit Rücksicht auf eine nicht ganz unerhebliche Zahl von Arten, die dem Traumatocrinuskalk und dem Daonellenkalk von Spiti gemeinsam sind. Drei Ammonitenformen und *Daonella indica* gehen in Spiti sogar bis in die unzweifelhaft ladinischen Daonella shales hinab. Diese auffallende Beimischung älterer Typen zu den karnischen Elementen der Fauna des Traumatocrinuskalkes spricht eher für ein cordevolisches als für ein julisches Alter des Traumatocrinuskalkes. Die Gattung *Traumatocrinus* selbst ist sowohl in dem letzteren als in dem Daonellenkalk von Spiti häufig.

Äquivalente der ladinischen Stufe habe ich in den von mir 1892 untersuchten Profilen des Himalaya nicht auffinden

Digitized by Google

können. Ich habe jedoch nicht unterlassen, ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß hier wohl eine faunistische Lücke, keineswegs aber eine solche in der Schichtfolge vorliegen dürfte. A. v. Krafft ist es gelungen, in den obersten Bänken der Muschelkalkgruppe, im Liegenden des Traumatocrinuskalkes eine ärmliche Fauna von ladinischem Gepräge zu entdecken. Die Faunula besteht aus folgenden Arten:

Daonella indica Bittn.,
» cf. *obliqua* Mojs.,
Spirigera hunica Bittn.,
Protrachyceras sp. ind.,
Celtites cf. *trigonalis* Dien.,
» » *perauritus* Dien.,
Joannites cf. *proavus* Dien.

Es scheint also auch im Shalshalprofil die ladinische Stufe nicht vollständig verkümmert, sondern durch fossilarme Ablagerungen von sehr geringer Mächtigkeit vertreten zu sein.

Auch die Fauna der dunklen Kalke am Ralphugletscher (Lissartal), die E. v. Mojsisovics mit jener des Traumatocrinuskalkes vereinigt, dürfte vielleicht noch in die ladinische Stufe zu stellen sein. Diese Fauna enthält die nachstehenden Arten:

Daonella indica Bittn.,
Arpadites lissarensis Mojs.,
Protrachyceras ralphuanum Mojs.,
Joannites sp. ind.,
Ptychites Gerardi Blf. (teste Krafft),
» *posthumus* Mojs.

Die beiden Arten von *Ptychites* geben dieser Fauna einen entschieden älteren Anstrich. *Protrachyceras ralphuanum* steht dem karnischen *P. Aeoli* ebenso nahe als dem ladinischen *P. longobardicum* aus den Wengener Schichten. *Arpadites lissarensis* fehlt dem Traumatocrinuskalk, hat sich aber in den Daonella shales von Spiti wiedergefunden. Die Beziehungen zur ladinischen scheinen daher jene zur karnischen Stufe in dieser Fauna erheblich zu überwiegen.

Digitized by Google

Einen »Horizont der *Daonella indica*« als ein bestimmtes stratigraphisches Niveau im Sinne von Bittner gibt es im Himalaya nicht. Im Shalshalprofil findet sich *Daonella indica* unmittelbar über und unter dem eigentlichen Traumatocrinuskalk, in Spiti geht sie durch die ganzen Daonella shales und den Daonellenkalk hindurch.

Sicheren Boden für eine Parallelisierung gewinnen wir wieder, sobald wir uns den karnischen Bildungen in Spiti zuwenden.

Der Halobia limestone enthält in *Halobia comata* Bittn. einen Vertreter der *rugosa*-Gruppe, der das Hauptleitfossil des mächtigen von Griesbach als Doanella beds zusammengefaßten Komplexes karnischer Schiefer und Kalke im Shalshal- und Bambanagprofil darstellt. Die Cephalopodenfauna des letzteren Niveaus zeigt nach den Untersuchungen von E. v. Mojsisovics bedeutende Anklänge an die julische Fauna der Ellipticus Schichten des Röthelstein bei Aussee. Die höheren Bänke dieser 600 bis 750 Fuß mächtigen Schichtgruppe sind allerdings nahezu fossilleer. In ihnen hat man vermutlich ein Äquivalent der tuvalischen Tropites shales von Spiti zu suchen. Die tuvalische Fauna des *Tropites subbullatus* ist bisher in Johar und Painkhanda noch nicht gefunden worden.[1]

Die juvavische (norische) Stufe beginnt sowohl in Spiti als in Painkhanda und Johar mit Cephalopoden führenden Schichten. In Spiti sind es die Juvavites shales, in den letztgenannten Distrikten die fossilarmen Kalke der Zone des *Proclydonautilus Griesbachi* (Hauerites beds *antea*), vor allem aber der darüber lagernde Haloritenkalk, die reiche Cephalopodenfaunen von lacischem Alter geliefert haben. Nach den Lagerungsverhältnissen müssen wohl die beiden erwähnten Schichtgruppen im Bambanagprofil als Äquivalente der Juvavites shales angesehen werden. Gleichwohl sind die Beziehungen der Faunen viel weniger innige, als man in Anbetracht der geringen Entfernung und mit Rücksicht auf die gleich-

[1] In den Profilen der Bambanag und Shalshal Cliffs fehlt jede Andeutung einer tuvalischen Dolomitfacies, die den Dolomiten mit *Lima* cf. *austriaca* im Profil von Lilang entsprechen würde.

Digitized by Google

mäßige Ausbildung der Muschelkalkgruppe erwarten sollte. Eine Art,

Paratibetites Tornquisti Mojs.,

ist beiden Ablagerungsgebieten gemeinsam. Dazu kommen als sehr nahestehend:

Pleuronautilus cf. *tibeticus* Mojs.,
Indonautilus cf. *Kraffti* Mojs.,
Tibetites cf. *Ryalli* Mojs.,
Clionites sp. aff. *Hughesii* Mojs.

Es sind dies verhältnismäßig seltene Arten, während die Hauptelemente in beiden Faunen verschieden sind. *Parajuvavites* und *Halorites*, die häufigsten und formenreichsten Gattungen im Haloritenkalk des Bambanagprofils, fehlen in den Juvavites shales vollständig. *Parajuvavites*, das bezeichnendste unterjuvavische Genus der indischen Triasprovinz im Haloritenkalk, wird in Spiti durch *Juvavites* ersetzt, der aus dem Haloritenkalk bisher nicht bekannt geworden ist.

Die Erklärung dieser auffallenden Lokalunterschiede der im Alter offenbar sehr nahestehenden und auch in geographisch nahegelegenen Gebieten verbreiteten Faunen ist einer der dunkelsten Punkte in unserer Kenntnis der Himalaya-Trias.

Die Parallelisierung der über den Juvavites shales in Spiti folgenden Schichtgruppen mit solchen des Bambanagprofils ergibt sich ohne Schwierigkeit, seit durch A. v. Krafft auch im Bambanagprofil eine wohl entwickelte Quarzitstufe zwischen den Sagenites beds und dem Megalodonkalk nachgewiesen worden ist. Auch das Leitfossil der Quartzite series, *Spirigera Maniensis*, hat sich hier gefunden. Auch gegen die Parallelisierung des Coral limestone, dessen Hauptleitfossil *Spiriferina Griesbachi* ist, mit den »Kalken mit *Spiriferina Griesbachi*« des Bambanagprofils dürfte sich kaum ein Einwand erheben lassen. Daraus ergibt sich die beiläufige Gleichstellung der Monotis beds mit den Sagenites beds, obschon *Monotis salinaria* im Zentralhimalaya nach Osten über Spiti hinaus noch nicht verfolgt worden ist.

Digitized by Google

Die nachstehende Tabelle zeigt die Korrelation und die relative Mächtigkeit der triadischen Schichtgruppen über der skythischen Stufe in den beiden bestbekannten Profilen des Himalaya, in der Umgebung von Lilang (Spiti) und in den Bambanag Cliffs.

Der Muschelkalk ist sehr gleichmäßig entwickelt. Die ladinische Stufe ist in Spiti gut ausgebildet und durch eine reiche Fauna charakterisiert, in Kumaon verkümmert und stellenweise kaum noch angedeutet. Auch die karnische Stufe zeigt sich in Spiti unvergleichlich mächtiger und reicher gegliedert. Die nahen Beziehungen der julischen und tuvalischen Faunen zu solchen der alpinen Triasregion sind bemerkenswert. Eine tuvalische Fauna kennt man im Bambanagprofil noch nicht. In der Mächtigkeit und Ausbildung der juvavischen (norischen) Stufe besteht wieder eine größere Ähnlichkeit zwischen beiden Profilen, immerhin ist die Verschiedenheit der unterjuvavischen Faunen auffallend genug.

Es scheint somit in Spiti die vollständigste und am besten aufgeschlossene Schichtreihe aller Triasetagen im Himalaya vorzuliegen, wenngleich keine Fauna eines einzelnen obertriadischen Horizonts an Formenreichtum dem Haloritenkalk des Bambanagprofils gleichkommt.

Noetling[1] hat die Meinung ausgesprochen, daß nur die allgemeinsten Verwandtschaftsverhältnisse, die Assoziation der verschiedenen Genera, Beziehungen zwischen der alpinen und indischen Trias vermitteln. Nachdem nunmehr eine so große Zahl identischer oder sehr nahestehender Arten in beiden Faunengebieten bekannt geworden ist, dürfte sich diese Meinung nicht länger aufrecht erhalten lassen. Auf alle Fälle zeigen die Faunen der mittleren und oberen Trias des Himalaya innigere Beziehungen zur alpinen als zur sibiro-japanischen Trias.

---

[1] F. Noetling, Die asiatische Trias, Lethaea geognostica, II. Teil, Bd. I, 2. Lfg., p. 158.

Digitized by Google

Das Miozän der Niederung von Nowy Targ (Neumarkt) in Galizien

von

Dr. **Wilhelm Friedberg.**

(Mit 2 Textfiguren und 1 Kartenskizze.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. März 1906.)

Während der letzten zwei Jahre war ich mit geologischen Studien im Miozän von Westgalizien beschäftigt; ich habe deshalb auch der Niederung von Nowy Targ einen mehrtägigen Ausflug gewidmet, woselbst nach Raciborski[1] ein miozäner Tegel vorkommt. Im k. k. Revierbergamt in Krakau habe ich erfahren, daß vor einigen Jahren in dieser Gegend, speziell in den Ortschaften Podczerwone, Ciche, Miętustwo und Ratułów Schurfarbeiten auf Braunkohle vorgenommen wurden, von deren Resultaten ich mich überzeugen wollte. Der geologischen Beschreibung möchte ich einen ganz kurzen geographischen Überblick vorausschicken.

Die Niederung von Nowy Targ und Arva ist ringsum von Gebirgen umgeben, weshalb man sie auch einen Kessel nennen könnte. Ihre Länge von Nameszto[2] im Westen bis Maniowy im Osten beträgt 57 *km*, die größte Breite zwischen Chochołów und Piekielnik ist zwar 12 *km*, sie wird aber immer geringer, denn schon bei Nowy Targ mißt sie kaum 5 *km*. Die beiden Niederungen (von Nowy Targ und von Arva) bilden ein Ganzes,

[1] M. Raciborski, Zapiski paleobotaniczne (poln. Paläobotanische Beiträge). Kosmos, Lemberg 1892, p. 527 und 528.

[2] Im Arvaer Teile der Niederungen gebrauche ich diejenigen Ortsnamen, welche die Spezialkarte angibt, obwohl sie mit den vom Volke gebrauchten nicht immer übereinstimmen.

Digitized by Google

was Rehman[1] betont hatte; ich werde beide deshalb zusammen kurz Niederung von Nowy Targ nennen. Eine scharfe Grenze zwischen beiden Teilen läßt sich überhaupt nicht ziehen; wenn man durchaus eine finden wollte, so würde sie die schmale und niedrige Erhöhung sein, welche von Podczerwone nach Piekielnik sich hinzieht, gegen Norden aber niedriger wird und sich schließlich ganz verliert.[2]

Die große europäische Hauptwasserscheide verquert bekanntlich die Niederung von Nowy Targ, obwohl sie gleich im Norden (Babia Góra) wie auch im Süden (Tatra) hoch hinaufsteigt. Im Bereiche der Niederung kann man sogar an manchem Orte den Verlauf der Wasserscheide kaum verfolgen. Im Torfmoore »Bory«, südlich von Załuczne und Piekielnik, beginnt der Bach Piekielnik und Kluska, welche in den Czarny Dunajec münden; in einer Entfernung von kaum 100 *m* nimmt aber in demselben flachen Torfmoor auch der Bach Zimny seinen Ursprung, welcher in den Arvaer Piekielnik und mit ihm in die Schwarze Arva sich ergießt.

Der westliche Teil der Niederung ist durch unbedeutende Geländewellen, welche in der Richtung von Westen nach Osten sich hinziehen, gerunzelt. Bei Bobrów, Nameszto und Szlanica greift die Niederung buchtenförmig zwischen die Beskiden und die Arvaer Magóra. Die Oberfläche der Niederung ist gegen NO geneigt, was man sogar landschaftlich beobachten kann (Fig. 1); man ersieht es auch aus der Karte, wenn man folgende Niveau-Angaben vergleicht: Czarny Dunajec 675 *m*, Nowy Targ 593 *m*, Ostrowsko 579 *m*. Die Ortschaften wurden in der Richtung von Westen nach Osten aufgezählt.

In dem erwähnten Werke von Rehman ist die Niederung von Nowy Targ zu weit gegriffen, denn er zählt dazu die Erhöhung der Gubałówka im Süden, also die Flyschbildungen nördlich von Zakopane. Deshalb gibt auch dieser Forscher die Breite der Niederung mit 26 *km* an, indem er sie vom Berge Kopieniec am Fuße der Hohen Tatra bis zu den Bergrücken

---

[1] A. Rehman, Geografia ziem polskich (poln. Geographie von Polen), Bd. I, p. 66.

[2] Den Verlauf dieser Grenze gibt schon Rehman an (l. c., p. 66).

Digitized by Google

über Nowy Targ mißt. Dieser Begriff ist entschieden zu weit, denn zwischen Zakopane und Nowy Targ liegt außer der Niederung noch ein mächtiger Flyschzug und die Klippenzone, es sind hier also, nicht nur orographisch, sondern auch geologisch betrachtet, sehr verschiedene Bildungen. Ich möchte meinen, daß man unter Niederung von Nowy Targ nur jenen

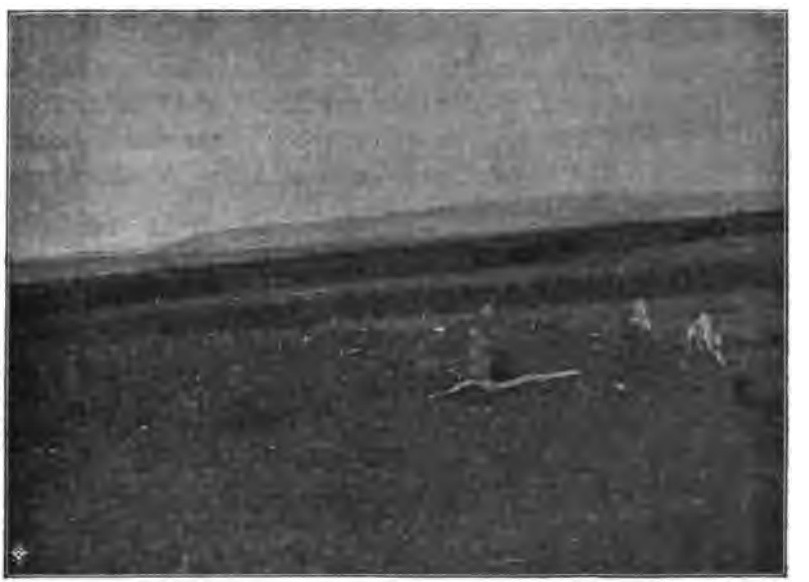


Fig. 1.

Das Torfmoor von Długopole (man sieht die Niederung gegen NO einfallen, im Hintergrunde die südliche Randzone, im Torfe sind aufrechtstehende Baumstrünke sichtbar).

Photographische Aufnahme des Verfassers.

am tiefsten gelegenen Landstrich verstehen sollte, welcher mit den Ablagerungen des Miozäns bedeckt ist, die auf den gefalteten Klippen und Flyschbildungen diskordant aufruhen. Ich möchte sogar annehmen, daß ich früher gegen Osten eine zu weit gehende Grenze angegeben habe (bis Maniowy), denn das zungenartige Eingreifen der Niederung gegen Osten ist durch Erosion und Denudation des Dunajec und der Białka zu stande

Digitized by Google

gekommen. Auf der Übersichtskarte habe ich deshalb ein weniger ausgedehntes Erstrecken des Miozänmeeres in dieser Richtung eingetragen.

Meine Beobachtungen sind im allgemeinen nicht vollständig, da ich dem Arvaer Abschnitte zu wenig Zeit geschenkt habe. Ich war überzeugt, daß die ungarischen Geologen diese Gegend schon beschrieben haben, wenigstens in Anbetracht des Braunkohlenbergwerkes in Ljeszek. Nachdem ich aber die diesbezügliche Literatur durchstudiert habe, kam ich zur Überzeugung, daß außer den Angaben von Foetterle im Jahre 1851,[1] welche später durch die Arbeiten von Stur[2] und Paul[3] nicht viel ergänzt wurden, und außer dem schon genannten Berichte von Raciborski keine diesbezüglichen neuen Arbeiten existieren,[4] wenigstens konnte ich keine finden.

Geologische Beobachtungen.

Im galizischen Teile der Niederung habe ich Miozän nur in Szaflary, Podczerwone und Chochołów beobachtet.

Szaflary. Bei der Bahnstation erhebt sich eine weithin sichtbare Klippe. Hier wurde im Steinbruche (am nördlichen Abhange) ein feinkörniger, jurassischer Kalkstein von schöner, hell rötlicher Farbe entblößt. Im vorigen Jahre hat man vom Steinbruche gegen Norden einen 3 *m* tiefen Graben ausgehoben. Hier wurde derselbe Kalkstein, welcher im Steinbruche gewonnen wird, aufgeschlossen (sein Einfallen ist gegen SSO h. 8) und außerdem gegen Norden ein blauer Gipston angetroffen,

---

[1] Foetterle, Jahrbuch der geol. Reichsanstalt, 1851, Bd. II, p. 160 und 161.

[2] D. Stur, Bericht über die geologische Übersichtsaufnahme des Wassergebietes von Waag und Neutra. Jahrbuch der geol. Reichsanstalt, 1860, p. 124 bis 125.

[3] K. Paul, Die nördliche Arva. Jahrbuch der geol. Reichsanstalt, 1868, p. 245.

[4] Im Werke von M. Hantken, Die Kohlenflötze und der Kohlenbergbau in den Ländern der ungarischen Krone, Budapest 1878, finden wir nur diesen Satz: »In den Karpathen treten außerdem an mehreren Orten Lignitflötze auf, namentlich im Arvaer Komitate in der Gegend von Ustja, Turdossin u. s. w....., welche indessen wegen Mangels an Absatz oder geringer Mächtigkeit der Flötze nicht betrieben werden.«

Digitized by Google

welcher zwar kein deutliches Einfallen zeigt, aber doch mit dem Terrain gegen NNO geneigt ist (siehe Fig. 2). Unter dem Ton ist eine gelbe Ockererde zu sehen; der Ton enthält sehr viele kleine Gipsblätter. Geschlämmt gab er nur drei Foraminiferen in drei Arten, nämlich *Polystomella aculeata* d'Orb., *Cristellaria gibba* d'Orb., *Cristellaria* cf. *cultrata* Mont. und eine Ostrakodenschale. Das miozäne Alter und die marine Herkunft des Tones unterliegen sonach keinem Zweifel. In der oberen Partie enthält der Gipston viele lose Kalksteintrümmer

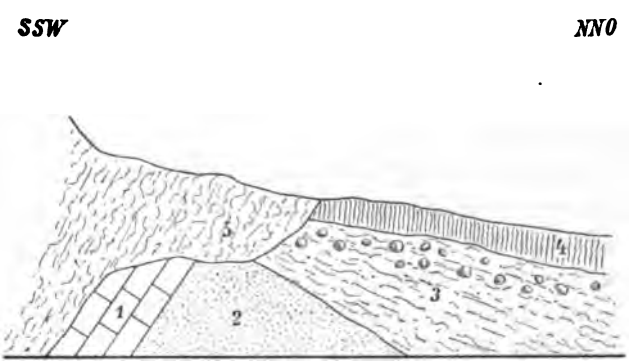


Fig. 2.

Profil bei Szaflary.

1. Kalkstein, 2. Ockererde, 3. Gipstegel, oben Blöcke führend, 4. Humuserde, 5. Schutt.

eingeschlossen, welche von der Klippe stammen. Die Ockererde ist wahrscheinlich ein Sumpfprodukt, welches vor dem Eindringen des miozänen Meeres auf dem Festlande sich gebildet hat. Aus dem Aufschlusse kann man erkennen, daß die Gipstone in keinem Zusammenhange mit der Ockererde sind und, was ich schon betont habe, daß sie leicht gegen Norden einfallen.

Den nächsten Aufschluß habe ich erst im südlichsten Teile des Dorfes Podczerwone gefunden, am Fuße der östlichen Flußterrasse. Ihre Wände sind hier 10 *m* hoch und lassen nur mächtiges Flußgerölle, oben mit Lehm bedeckt, erblicken. Die Unterlage des Schotters tritt weiter südlich im Wegeinschnitt als ein blauer, vom Rasenerz rötlich überzogener Ton

Digitized by Google

hervor. In der Nähe wurde vor einigen Jahren ein tiefer Brunnen ausgegraben, da man hier Kohle zu finden hoffte. Eine Probe dieser Tone gab keine Foraminiferen, sie war stark durch kleine Körner von Granit, Quarz etc. verunreinigt. Diese Beimengungen sind leicht zu verstehen, wenn man berücksichtigt, daß ich eine Probe des Tones entnahm, welcher direkt unter dem Schotter lag. Endlich konnte ich noch ein drittes Vorkommen von blauem Ton, dem Aussehen nach zum Miozän gehörig, am Fuße des linken steilen Dunajecufers zwischen Chochołów und Koniówka unter dem Diluvialschotter nachweisen. Es sind dies die einzigen Miozänaufschlüsse, die ich im galizischen Teile der Niederung auffinden konnte.[1] Gerölle und Torfmoore verdecken größtenteils das Miozän.

Gegen Norden bilden ebenfalls Flyschbildungen die Umrahmung des galizischen Teiles der Niederung; ich möchte sie zum Magóra-Sandsteine zählen, wie sie schon Uhlig[2] ausgeschieden hat. Sie sind im allgemeinen gegen Süden geneigt und streichen Ost—West, es gibt aber auch lokale Abweichungen, von denen diejenigen zwischen Krauszów und Nowy Targ am wichtigsten sind. Die Schwefelquelle von Kokoczów, die in diesem Gebiete gelegen ist, entspringt daher nicht im Miozän, sondern im Magóra-Sandstein.

Gehen wir jetzt zum westlichen, also dem Arvaer Teile der Niederung über, von wo schon seit lange miozäne Tone mit Braunkohle bekannt waren. Die erste und eigentlich die einzige Nachricht darüber stammt, wie schon gesagt wurde, von Foetterle; Stur und Paul wiederholen nur dieselbe und geben kleine Ergänzungen. Stur schreibt (l. c.): »Das Becken von Arva wird durch die Arvaer Magóra in zwei Teile getrennt, in das obere Becken von Namesto und das untere Becken von Unter-Kubin.« »Der tiefste Teil des Beckens von Namesto, und

[1] In den Ortschaften Miętustwo, Ciche und Ratułów habe ich kein Miozän gefunden. Raciborski (l. c., p. 527) hat die Tone mit Kohlenpartikeln in Miętustwo und Ciche für miozän erklärt; ich bin überzeugt davon, daß hier ein Mißverständnis vorliegt und daß es sich hier um alttertiäre Flyschbildungen handelt.

[2] Uhlig, Der pieninische Klippenzug etc., p. 605 und 606.

Digitized by Google

zwar von Trsztena nördlich bis Jabłonka und von Namesto östlich bis an die Grenze gegen Galizien, ist mit neogenen und alluvialen Bildungen erfüllt, die dadurch von Wichtigkeit sind, daß sie bedeutende Lager an Brennstoff, und zwar Braunkohle und Torf, enthalten. Die tertiären Bildungen kommen nur an einzelnen Stellen, wo Bäche sich tiefer in die Alluvien und Geröllablagerungen eingeschnitten haben, besonders an den Rändern des Beckens zum Vorschein. Sie bestehen zu unterst aus blaugrauen Mergeln, die dem Tegel des Wiener Tertiärbeckens ähnlich sind und unbestimmbare Molluskenschalen sowie auch Pflanzenreste, besonders häufig den im Wiener Becken vorkommenden *Calmites ambiguae* Ett, enthalten. Über diesen Mergeln sind Braunkohlen abgelagert; sie finden sich am südlichen Rande des Beckens bei Slanica, Ustja, Trsztena, Ljesek und Čimhova, an dem nördlichen Rande bei Unter- und Ober-Lipnica, endlich bei Bobrów und Oszada. Da die Ablagerung eine horizontale ist, so läßt sich daraus entnehmen, daß sie überall innerhalb des Beckens in dem Arvakomitat auf einer Ausdehnung von 4 bis 5 Quadratmeilen zu finden sein dürfte. Ihre Mächtigkeit beträgt 2, 3 und 4 Fuß, bei Ustja, Ljesek und Čimhova wurden Schurfarbeiten eingeleitet. Die Kohle ist recht brauchbar.« »Die Kohle ist von einem braunen, dünn geschichteten Mergelschiefer überlagert, der an manchen Orten bloß wenige Fuß, an andern 3 bis 4 Klafter mächtig ist und viel Cytherinenschalen enthält.«

Paul wiederholt die Angaben Foetterle's, schreibt aber noch außerdem: »Das tiefste Glied dieser durchgehends fast horizontal gelagerten, beckenausfüllenden Schichten ist ein grauer, plastischer Ton, dem Wiener ähnlich, der namentlich an den tiefsten, durch Wasserläufe entblößten Stellen zu Tage tritt, so am Gehänge der Schwarzen Arva bei Jabłonka, Oszada und Usztya, außerdem im Orte Bobrów, im Tale von Ober-Lipnica....«

Einige neue Beobachtungen hat erst Raciborski geliefert. Er schreibt: »Schon über der ungarischen Grenze kommen dieselben (miozäne) Tone in den Ortschaften Leszek, Szczepanów, Ujście, Wawreczko, Lipnica zum Vorschein, immer begleitet von Schichten einer sehr guten Braunkohle, welche in Ujście

Digitized by Google

die Mächtigkeit von 170 *cm* erreichen. In Ujście und Leszek habe ich eine sehr reiche, bis jetzt unbekannte fossile Flora[1] gesammelt zusammen mit Süßwasserschnecken aus der Gattung *Planorbis* und diese Flora deutet auf ein älteres als pliozänes Alter dieser Schichten. Es sind das Tone, welche denjenigen in Niskowa bei Nowy Sącz gleichen. Die gewöhnlichste Pflanze ist *Glyptostrobus europaeus* Ung.« Die angegebene Mächtigkeit der Kohlenschichten in Ljeszek wird wohl sehr lokal sein, was meinen Beobachtungen entspricht.

Alle diese Angaben sprechen davon, daß die Niederung von Nowy Targ auch im westlichen Teile von miozänen Tonen bedeckt wird, welche Braunkohle enthalten, und daß die Tone flach lagern.

Wie schon am Anfange bemerkt wurde, habe ich nur flüchtig den Arvaer Abschnitt besucht; trotzdem habe ich aber Miozän in Hladovka, Csimhova, Ljeszek und Chiżne gesehen, überall aber (die Notizen über Chiżne habe ich zufällig verloren) sah ich nur leicht geneigte, nicht völlig horizontale Schichten. Alle diese Aufschlüsse sind im südlichen Teile der Niederung gelegen; man könnte (allerdings nicht bestimmt) auf eine beckenartige Oberfläche des Miozäns schließen.

In Hladovka (Chładówka) sind südlich vom Dorfe an den Ufern des Baches Jeleśna Woda überall miozäne Tone aufgeschlossen. Im allgemeinen liegen hier zuerst blaue, etwas mergelige Tonschiefer, höher sandige Tone und darüber ein dunkler, plastischer Ton, welcher zerdrückte *Planorbis*-Schalen und kleine Einschaltungen, eigentlich Linsen von Braunkohle, enthält. Die Schichten sind hier leicht gegen Nord geneigt (h. 23); vier Schlämmproben gaben nur einige kieselige Foraminiferen (*Cornuspira incerta* d'Orb., *Trochammina trullisata* Brady, *Cyclammina* sp.), welche jedoch höchstwahrscheinlich aus Flyschbildungen stammen, also eingeschwemmt sind. Es ist wichtig, daß etwas gegen NW, bei der Brücke auf der Hauptstraße, in demselben Flusse gegen S geneigte Flyschsandsteine vorkommen. Die Ufer des Miozänmeeres greifen also buchtenförmig in die Flyschbildungen.

[1] Leider bis jetzt nicht veröffentlicht.

Digitized by Google

Csimhova (Czymchowa). Östlich vom Dorfe finden sich in den 20 *m* hohen Ufern des Orawicabaches sehr stark entwickelte Flußschotter, unter ihnen miozäne Tone, welche auch unbedeutende Einschaltungen an Braunkohle enthalten. Das Einfallen ist stark gegen Nord (wahrscheinlich durch Unterwaschung stärker als gewöhnlich). Foraminiferen habe ich nicht gefunden.

Ljeszek (Leszek). Direkt gegen Nord von diesen Aufschlüssen, nördlich von der Eisenbahnlinie und vom P. 717 *m*, hat man vor wenigen Jahren ein Kohlenbergwerk errichtet, welches wegen Mangels an Kohle eingestellt wurde. Wahrscheinlich waren die Voruntersuchungen sehr mangelhaft. Nach einer mündlichen Information im Orte selbst war der Schacht 150 *m* tief und die angetroffenen Kohlenschichten zu gering. Auf den Halden sah ich Schiefertone und Kohlenstücke, welche mit denen von Csimhova übereinstimmen. Raciborski sammelte in Ljeszek eine fossile Flora und *Planorbis*-Schalen.

Westlich von Ljeszek sind bei Trsztena in der Nähe der Eisenbahnbrücke Flyschgesteine zu finden. Miozän sah ich nur noch in Chiżne im Bach unter der Brücke; es waren hier Schiefertone und graue, sandige Tone. Geschlämmt, gaben sie zahlreiche winzige Sandkörner (Durchmesser unter 0·25 *mm*) und Glimmerschuppen; Foraminiferen waren keine zu finden. In Jabłonka am rechten Ufer der Schwarzen Arva (in der Nähe der Stelle, wo von der Hauptstraße der Weg nach Piekielnik sich abzweigt), sah ich Flyschgesteine, ebenfalls auch zwischen Jabłonka und Unter-Lipnica im Lipnicabache. Hier waren gegen SSO (h. 10) geneigte Sandsteine in mächtigen Bänken und graue Mergelschiefer.

Nach früheren Literaturangaben finden sich noch miozäne Tone in Usztya, wo Raciborski eine fossile Flora sammelte, dann in Szlanica, Bobrów und Oszada, vielleicht noch in Unter-Lipnica im südlichsten Teile des Dorfes. Andere von früheren Forschern angegebene Lokalitäten (Stepanów, Vavrecska, Trsztena, Ober- und Unter-Lipnica, Unter-Zubrzyca) liegen schon höher als die Uferlinien des miozänen Meeres; es werden deshalb dort nur Flyschbildungen vorhanden sein, wovon ich mich in einigen Fällen tatsächlich überzeugt habe.

Digitized by Google

Die miozänen Tone sind jedoch nicht nur am Rande des Beckens, sondern auch in der Mitte vorhanden. Das beweisen am besten die zahlreichen Torfmoore, welche zu den Hochmooren gezählt werden, also eine geneigte, wasserundurchlässige Schicht erfordern. Die Mächtigkeit des Torfes beträgt nach Angaben von Rehman[1] und Jablonszky[2] bis 3 *m*, nach meinen Beobachtungen ist sie manchmal (Torfmoor bei Długopole) noch größer, denn in einem 5 *m* tiefen Einschnitt ist sein Untergrund noch nicht erreicht worden. Hier war (Fig. 1) unter einer oberen Schicht etwas reineren Torfes eine Lage von vermoderten Baumstrünken, welche größtenteils ihre natürliche vertikale Lage behielten. Es sind das Überreste alter Waldbestände, welche auf älteren Torfmooren wuchsen. Jedenfalls verdienen diese sehr großen Anhäufungen an Pflanzenmaterial eine technische Ausbeute, welche leider noch nicht eingetreten ist.

Aus allen diesen Erörterungen und Beobachtungen kommen wir zu folgenden Schlüssen. Im oberen Miozän (Tortonien) drang das Meer in die Niederung von Nowy Targ; es entstand also hier eine Meeresbucht, welche bald ihre Verbindung mit dem Meer einbüßte. Infolgedessen trat eine Aussüßung des Wassers ein, worauf zahlreiche Pflanzenreste und Kohlenbildungen, dann auch *Planorbis*-Schalen und fast gänzlicher Mangel an Foraminiferen hindeuten. In manchen zurückgebliebenen kleinen Wasseransammlungen wurde beim Verdunsten des Wassers Gips ausgeschieden (Szaflary).

Mit Konstatierung eines marinen Miozäns in der hiesigen Gegend fällt selbstverständlich die manchmal angenommene Vermutung, daß diese lignitführenden Tone dem Pliozän entsprechen und durch das Arvatal mit dem Turoczer Kessel in Verbindung standen.

Wie gelangte das Meer in die hiesige Gegend? Man muß seine Verbindung mit dem obermiozänen Meere von Westgalizien annehmen und speziell mit der Bucht von Nowy Sącz.

---

[1] A. Rehman, l. c., p. 68 bis 76.

[2] Fl. Jablonszky, Die Torfmoore von Jablonka (Földtani Közleny), Budapest, 1886, p. 354.

Digitized by Google

Szajnocha[1] hat sogar die Vermutung ausgesprochen, daß das Tal des Dunajecflusses die Verbindung des miozänen Meeres einerseits mit dem Becken von Nowy Sącz, dann auch mit dem von Nowy Targ verursachte; das jetzige Tal des Dunajec sollte einem ehemaligen Fjord entsprechen. Die Annahme eines Fjordes ist jedoch schon deshalb unmöglich, weil das Tal des Dunajec ein ausgesprochenes junges Erosionstal ist und weil viele andere Lokalitäten, welche interkarpathische Miozänablagerungen besitzen, wie Iwkowa, Brzozowa und Rzegocina ziemlich weit entfernt liegen. Hier muß ich bemerken, daß der Abstand zwischen Iwkowa und den nördlichsten Miozänaufschlüssen bei Nowy Sącz, d. i. von Niskowa, 23 *km* beträgt. Vom Dunajectal ist Iwkowa zwar nur 6 *km* entfernt, ist aber davon durch über 400 *m* hohe Bergzüge getrennt. Das Miozän von Rzegocina[2] ist noch viel weiter westlich von Iwkowa gelegen (18 *km* südlich von Bochnia) und ringsum von Bergen umgeben, deren Höhe zwischen 400 bis 600 *m* schwankt.

Die jungmiozänen Tone, Sande etc. liegen in sehr verschiedener Höhe: in Szaflary zirka 650 *m* hoch, in Chładówka 700 *m*, in Rzegocina 330 *m*, in Niskowa 350 *m*, Iwkowa 320 *m*, bei Rajsko 350 *m*; für alle Lokalitäten kann man also die Durchschnittsziffer 350 *m* annehmen, das Niveau des Meeres in Nowy Targ war aber um 350 *m* höher gelegen. Alle diese Ablagerungen sind ufernahe Bildungen desselben Alters; es müßte selbstverständlich dort überall das Meeresufer in einer Höhe liegen. Da wir jetzt diese Schichten verschieden hoch sehen, so müssen wir zu dem Resultate gelangen, daß die Flyschkarpathen[3] nach dem Tortonien noch eine Niveauveränderung erfahren haben. Die Gegend von Nowy Targ lag am Anfange des Tortonien noch in demselben Horizonte wie die Gegend von Nowy Sącz, Rzegocina und die karpathischen, mit Miozän bedeckten Randregionen. Von einer obermiozänen Transgression der ganzen Karpathen bis zu der

[1] Szajnocha, Text zum 11. Hefte des »Atlas geologiczny Galicyi«, p. 7.

[2] Das Miozän von Rzegocina hat früher Dyduch als der I. Mediterranstufe gehörig gedeutet; ich habe es neulich zum Tortonien gestellt (Rewizya fauny miocenu w Rzegocinie. poln. Kosmos, Lemberg 1905).

[3] Unter Karpathen meine ich nur die Flyschkarpathen.

Digitized by Google

Höhe von 700 *m* kann keine Rede sein; das beweisen ganz deutlich die sudetischen Ausläufer bei Krakau, welche vom Miozän frei sind, man sieht hingegen, daß das miozäne Meer nur in Form von Buchten in die Vertiefungen eingedrungen ist (z. B. die Bucht von Krzeszowice).[1]

Über die geodynamische Natur der besprochenen Hebungserscheinungen wollen wir uns hier mit aller Reserve aussprechen. In neuerer Zeit schenkt man den geologisch jugendlichen Bewegungen große Aufmerksamkeit und verfolgt sie selbst bis in das Pleistozän.[2] Hiedurch wird gewiß neues Licht über diese Erscheinungen verbreitet werden, so daß wir uns hier auf einige wenige Bemerkungen beschränken wollen.

So viel dürfte feststehen, daß wir die ungleiche Hebung der tortonischen Beckenfüllungen der Flyschkarpathen nicht mit der Hauptfaltung der Karpathen in Verbindung bringen dürfen. Gegen eine derartige Anschauung spräche die tatsächlich vorhandene Diskordanz zwischen dem innerkarpathischen Miozän und dem die Unterlage bildenden intensiv gefalteten Flysch (was schon Niedźwiedzki betont hatte), ferner die zweifellos ziemlich flache, wenn auch nicht völlig horizontale Lagerung des innerkarpathischen Miozäns, endlich die geographische Verbreitung desselben, die sich von den Hauptfaltungszügen der Flyschkarpathen gänzlich unabhängig erweist. Das Miozän der Arva und von Nowy Targ liegt diskordant und flach auf den hochgradig gestörten und abgewaschenen Gesteinen nicht bloß der Klippenzone, sondern auch der Alttertiärzonen im Norden und im Süden der Klippenzone und überzieht die verschiedenartigen tektonischen Bänder in gleichmäßiger Weise. Daher muß der eigentliche tektonische Bau und die innere Struktur der Karpathen vor Ablagerung der innerkarpathischen Miozänbecken eingetreten sein. Die geodynamische Bewegung,

---

[1] Zaręczny gibt im Texte zum 3. Hefte des »Atlas geologiczny Galicyi« (Krakau 1904, p. 194 und 195) die Höhen des Miozäns im außerkarpathischen Teile der Krakauer Gegend an; das Niveau des miozänen Meeres liegt gewöhnlich zwischen 250 bis 260 *m*, bei Krzeszowice 270 bis 300 *m*, vielleicht auch bis 310 *m*.

[2] Herr Prof. Dr. V. Uhlig hat meine Aufmerksamkeit auf diese neuen Arbeiten gelenkt.

Digitized by Google

deren Spuren wir hier verfolgt haben, war also ein späteres Ereignis als jene Faltung, welche den inneren Bau der karpathischen Klippen- und Sandsteinzone bewirkte.

Über die jungmiozäne Faltungsphase spricht sich Prof. Uhlig[1] in einer neueren Publikation über die Karpathen dahin aus, daß »dieser Phase, der man vordem die Hauptaufrichtung der ganzen Karpathen zuschrieb, lediglich der Karpathennordrand als eigentliche Domäne vorbehalten bleibt«, und in einer früheren Arbeit[2] bemerkt er, daß die karpathischen Miozänablagerungen im allgemeinen um so stärker aufgerichtet sind, je näher sie dem Karpathennordrande liegen. Auf Grund des neuen Miozänvorkommens von Szaflary und der Vereinigung des Arvaer Jungtertiärs mit diesem Miozän können wir nun die jung- oder nachmiozänen Bewegungen etwas vollständiger darstellen. Wir müssen auf die starke Erhebung dieses innerkarpathischen Miozänbeckens hinweisen und können uns vorstellen, daß die jungmiozäne Faltungsphase, die am Nordrande Faltungen hervorbrachte (Faltung der Krakowiecer Tone etc.) und im allgemeinen einen ähnlichen Charakter besaß wie die Hauptfaltung, nach innen mehr das Wesen einer faltigen Verbiegung des ganzen Gebirges ohne intensive Beeinflussung der schon vorhandenen Struktur oder selbst einer ungleichen »Hebung« annahm. Das leichte Einfallen der Miozänschichten im Becken von Nowy Targ nach Norden könnte mit dieser Ungleichheit dieser Bewegung, d. i. mit einer stärkeren Hebung des südlichen Beckenteiles, in Verbindung stehen.

Bei der Notwendigkeit, jungmiozäne Niveauveränderungen in den Karpathen zuzulassen, verlieren die Erhebungen, welche die innerkarpathischen Miozänvorkommnisse vom Miozänsaum am Nordfuße der Sandsteinzone scheiden, ihre Bedeutung als Hemmnisse für die Ausbreitung des Miozänmeeres. Man kann also sehr leicht Meereseinbuchtungen (Engen) annehmen, welche die innerkarpathischen Miozänbecken mit dem Hauptmeer in Verbindung setzten. Ihren Verlauf kann man jedoch heute noch nicht genau angeben; es ist aber gewiß, daß man mit der Zeit

[1] Bau und Bild der Karpathen, Wien 1903.

[2] Jahrbuch der geol. Reichsanstalt, 1888, p. 260.

Digitized by Google

in den Karpathen noch weitere Miozänpartien finden wird, die von der Erosion verschont wurden.

Die Bucht von Nowy Targ wurde, so müssen wir annehmen, ziemlich schnell abgeschnürt und unterlag dann einer Aussüßung. Es ist das ein Beweis für das Fortdauern der geodynamischen Bewegung im Tortonien; größtenteils aber erfolgte die Hebung nach dem Tortonien. Man kann sie mit der negativen Strandverschiebung in Einklang bringen, durch welche die Grenze des miozänen Meeres am Anfange der sarmatischen Periode gegen Osten verlegt wurden.

Digitized by Google

OGISCHE KARTENSKIZZE DER NIEDERUNG VON NOWY-TARG

Klippenzug — Flyschbildungen — Miocän, vom Verfasser beobachtet

Muvien — wahrscheinliche Grenze des miocänen Meeres.

Der Klippenzug wurde nur schematisch eingetragen.

Maßstab 1 : 200.000

0 1000 2000 4000 6000 8000 10000 12000 Meter

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Digitized by Google

Digitized by Google

Pöch R., Dritter Bericht über meine Reise nach Neu-Guinea (Neu-Süd-Wales, vom 21. Juni bis 6. September 1905, Britisch-Salomonsinseln und Britisch-Neu-Guinea bis zum 31. Jänner 1906).
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 601—615.

Britisch-Salomonsinseln und Britisch-Neu-Guinea.
Pöch R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 601—615.

Neu-Süd-Wales.
Pöch R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 601—615.

Doelter C., Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 617—648.

Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen.
Doelter C., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 617—648.

Silikatschmelzen, Untersuchungsmethoden bei —.
Doelter C., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 617—648.

Höhnel F., v., Fragmente zur Mykologie. (II. Mitteilung.)
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 649—695.

Neue Pilzarten beschrieben.
Höhnel F., v., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 649—695.

Synonymie einiger Pilze.
Höhnel F., v., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 649—695.

Digitized by Google

Pöch R., Dritter Bericht über meine Reise nach Neu-Guinea (Neu-Süd-Wales, vom 21. Juni bis 8. September 1905, Britisch-Salomonsinseln und Britisch-Neu-Guinea bis zum 31. Januer 1906).
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 801—815.

Britisch-Salomonsinseln und Britisch-Neu-Guinea.
Pöch R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 801—815.

Neu-Süd-Wales.
Pöch R., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 801—815.

Doelter C., Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 817—846.

Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen.
Doelter C., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 817—846.

Silikatschmelzen, Untersuchungsmethoden bei —.
Doelter C., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 817—846.

Höhnel F. v., Fragmente zur Mykologie. (II. Mitteilung.)
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 849—895.

Neue Pilzarten beschrieben.
Höhnel F. v., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 849—895.

Synonymie einiger Pilze.
Höhnel F. v., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 849—895.

Digitized by Google

Systematische Stellung einiger Pilze.
Höhnel F., v., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 649—695.

Hillebrand S., Serpentin und Heulandit. (Vierte Mitteilung über die Darstellung der Kieselsäuren.)
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 697—721.

Kieselsäuren, Darstellung der —.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 697—721.

Serpentinsäure.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 697—721.

Chrysotilsäure.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 697—721.

Heulanditsäure.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 697—721.

Asbest, Chemische Konstitution.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 697—721.

Serpentinasbest, Chemische Konstitution.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 697—721.

Doelter C., Die Silikatschmelzen. (IV. Mitteilung.)
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 723—755.

Silikatschmelzen. (IV. Mitteilung.)
Doelter C., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I Abt., Bd. 115 (1906), p. 723—755.

Digitized by Google

Systematische Stellung einiger Pflze.
Höhnel F., v., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906),
p. 649—665.

Hillebrand S., Serpentin und Heulandit. (Vierte Mitteilung über die Darstellung der Kieselsäuren.)
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 697—721.

Kieselsäuren. Darstellung der —.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906),
p. 697—721.

Serpentinsäure.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906),
p. 697—721.

Thryeotilsäure.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906),
p. 697 - 721.

Heulandtsäure.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906),
p. 697—721.

Adsorption. Chemische Konstitution.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906),
p. 697—721.

Serpentinasbest. Chemische Konstitution.
Hillebrand S., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906),
p. 697—721.

Doelter C., Die Silikatschmelzen. (IV. Mitteilung.)
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 723—755.

Silikatschmelzen. (IV. Mitteilung.)
Doelter C., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I Abt., Bd. 115 (1906),
p. 723—755.

Digitized by Google

Diener C., Beiträge zur Kenntnis der mittel- und obertriadischen Faunen von Spiti.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 757—778

Triadische Faunen von Spiti.
Diener C., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 757—778.

Spiti, Mittel- und obertriadische Faunen.
Diener C., Sitz. Ber. der Wiener Akad, I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 757—778.

Friedberg W., Das Miozän der Niederung von Nowy Targ (Neumarkt) in Galizien.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 779—792.

Miozän der Niederung von Nowy Targ (Neumarkt) in Galizien.
Friedberg W., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 779—792.

Nowy Targ, Das Miozän der Niederung von —.
Friedberg W., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 779—792.

Galizien, Das Miozän der Niederung von Nowy Targ (Neumarkt) in —.
Friedberg W., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 779—792.

Digitized by Google

Diener C., Beiträge zur Kenntnis der mittel- und obertriadischen Faunen von Spiti.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 757—778.

Triadische Faunen von Spiti.
Diener C., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 757—778.

Spiti, Mittel- und obertriadische Faunen.
Diener C., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 757—778.

Friedberg W., Das Miozän der Niederung von Nowy Targ (Neumarkt) in Galizien.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 779—792.

Miozän der Niederung von Nowy Targ (Neumarkt) in Galizien.
Friedberg W., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 779—792.

Nowy Targ, Das Miozän der Niederung von —.
Friedberg W., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 779—792.

Galizien, Das Miozän der Niederung von Nowy Targ (Neumarkt) in —.
Friedberg W., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 115 (1906), p. 779—792.

Digitized by Google

Die Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse erscheinen vom Jahre 1888 (Band XCVII) an in folgenden vier gesonderten Abteilungen, welche auch einzeln bezogen werden können:

Abteilung I. Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Kristallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physischen Geographie, Erdbeben und Reisen.

Abteilung II a. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Astronomie, Physik, Meteorologie und Mechanik.

Abteilung II b. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Chemie.

Abteilung III. Die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie des Menschen und der Tiere sowie aus jenem der theoretischen Medizin.

Von jenen in den Sitzungsberichten enthaltenen Abhandlungen, zu deren Titel im Inhaltsverzeichnisse ein Preis beigesetzt ist, kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und können durch die akademische Buchhandlung Alfred Hölder, k. u. k. Hof- und Universitätsbuchhändler (Wien, I., Rothenthurmstraße 13), zu dem angegebenen Preise bezogen werden.

Die dem Gebiete der Chemie und verwandter Teile anderer Wissenschaften angehörigen Abhandlungen werden auch in besonderen Heften unter dem Titel: »Monatshefte für Chemie und verwandte Teile anderer Wissenschaften« herausgegeben. 14 K — 14 M.

Der akademische Anzeiger, welcher nur Originalauszüge oder, wo diese fehlen, die Titel der vorgelegten Abhandlungen enthält, wird, wie bisher, acht Tage nach jeder Sitzung ausgegeben. 5 K — 5 M

Digitized by Google

Digitized by Google

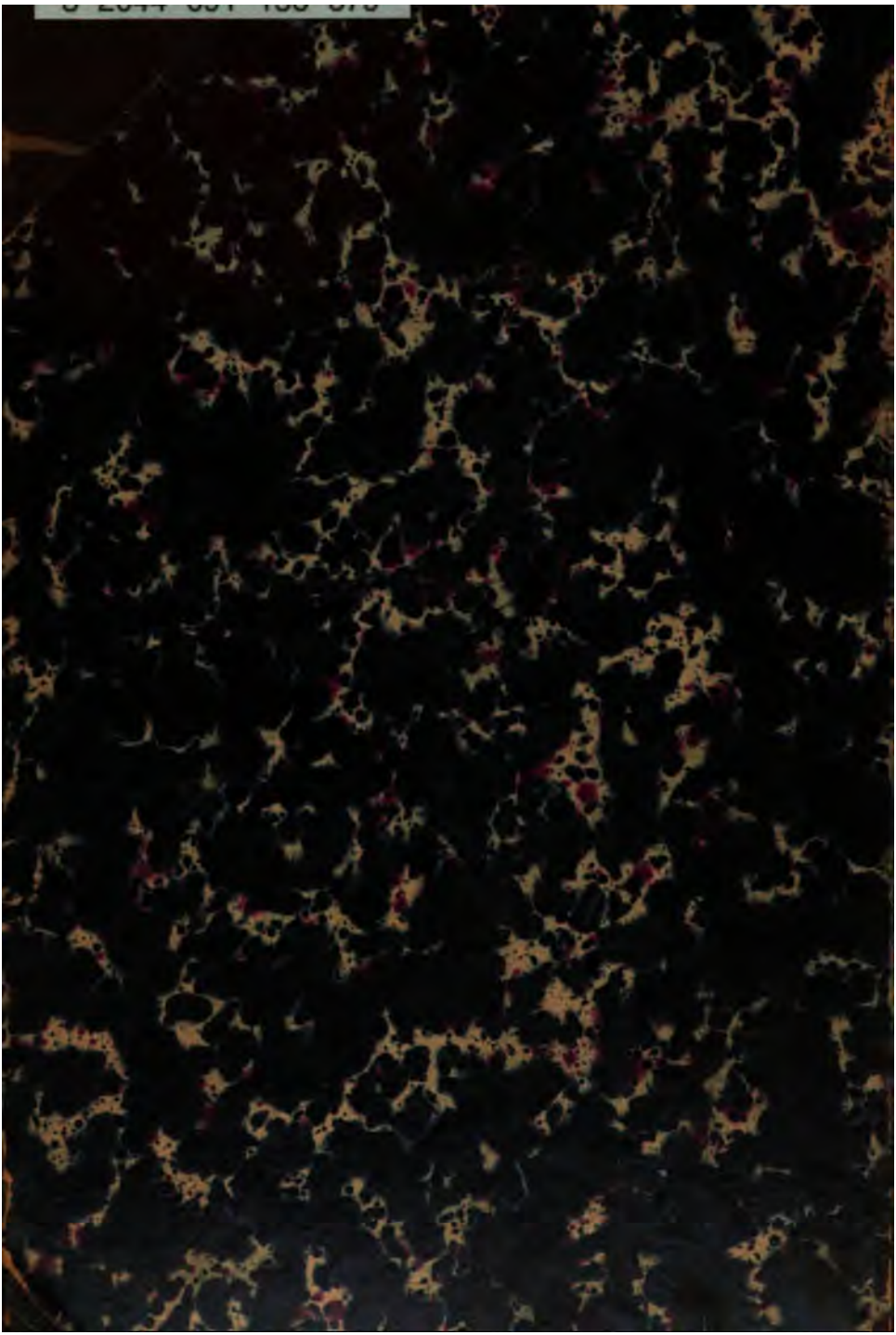
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google